

EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (Ed.)

Research Report

Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022

Gutachten, No. 2022

Provided in Cooperation with:

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Suggested Citation: EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (Ed.) (2022) : Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022, Gutachten, No. 2022, ISBN 978-3-9819468-8-8, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/251565>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION



GUTACHTEN

2022 2023 2024

2025 2026 2027

2028 2029 2030

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION

EFI

GUTACHTEN 2022

Unser Dank gilt

Dr. Arne Beck, Prof. Dr. Katja Becker, Engelbert Beyer, Prof. Dr. Stefan Bratzel, Marco-Alexander Breit, Henriette Druba, Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, Prof. Dr. Svenja Falk, Prof. Dr. Manfred Fishedick, Prof. Dr. Jens Förderer, Prof. Dr. Jutta Günther, Prof. Dr. Justus Haucap, Robert Henrich, Markus Heß, Prof. Dr. Georg Hirte, Christian Hochfeld, Dr. Matthias Höninger, Prof. Dr. Matthias Hunold, Dr. Ole Janssen, Dr. Stefan Joeres, Prof. Dr. Christof von Kalle, Dr. Denise M. Kátay, Dr. Alexander Klemm, Prof. Dr. Andreas Knie, Prof. Ulrich Laitenberger, Ph.D., Jonathan Muck, Dr. Dietrich Nelle, Eva Nourney, Prof. Dr. Bettina Peters, Dr. Gisela Philipsenburg, Dr. Christian Rammer, Dr. Simon Reif, Dr. Wilfried Rickels, Dr. Christoph Rövekamp, Prof. Dr. Ina Schäfer, Boris Scharinger, Dr. Teresa Schlüter, Dr. Georg Schütte, Prof. Dr. Carsten Sommer, Sergej Suskov, Dr. Ulrike Tagscherer, Fanny Tausendteufel, Prof. Dr. Sylvia Thun, Prof. Dr. Matthias Weber, Dr. Tobias Wenzel, Lukas Gabriel Wiese, Dr. Sebastian Wismer, Prof. Dr. Birgitta Wolff, Dr. Nina Wunderlich, Dr. Katja Zboralski, Dr. Herbert Zeisel,

deren Expertise mit in das Gutachten eingeflossen ist.

Ferner danken wir allen Personen, die an der Erstellung der Studien zum deutschen Innovationssystem mitgewirkt haben.

Die Expertenkommission weist darauf hin, dass die im Gutachten dargelegten Positionen nicht notwendigerweise die Meinungen der oben genannten Personen wiedergeben.

Mitglieder der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Prof. Dr. Irene Bertschek

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim, For-
schungsbereich Digitale Ökonomie, und Justus-
Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Wirt-
schaftswissenschaften, Fachgebiet Ökonomie der
Digitalisierung

Prof. Dr. Holger Bonin

Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit GmbH
(IZA) und Universität Kassel, Fachbereich Wirt-
schaftswissenschaften, Fachgebiet Arbeitsmarkt-
und Sozialpolitik

Prof. Dr. Uwe Cantner (Vorsitzender)

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Wirtschafts-
wissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Volks-
wirtschaftslehre/Mikroökonomik, und University
of Southern Denmark, Odense, Department of
Marketing and Management

Prof. Dr. Carolin Häussler

Universität Passau, Wirtschaftswissenschaftliche
Fakultät, Lehrstuhl für Organisation, Technologie-
management und Entrepreneurship

Prof. Dr. Katharina Hölzle (stellvertretende Vorsitzende)

Universität Potsdam, Digital Engineering Fakul-
tät, Hasso-Plattner-Institut für Digital Enginee-
ring gGmbH, Fachgebiet IT-Entrepreneurship

Prof. Dr. Till Requate

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut
für Volkswirtschaftslehre, Professur für Innovati-
ons-, Wettbewerbs- und Neue Institutionenöko-
nomik

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundi-
gen und engagierten Arbeit der Mitarbeiterinnen
und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle sowie der
Kommissionsmitglieder.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle

Christine Beyer
Dr. Helge Dauchert
Niklas Döhler (studentischer Mitarbeiter)
Friederike Heiny
Dr. Dorothee Ihle
Dr. Petra Meurer
Antje Michna
Dr. Johannes Stiller
Christopher Stolz

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Kommissionsmitglieder

Eric Arndt
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut
für Volkswirtschaftslehre, Professur für Innovati-
ons-, Wettbewerbs- und Neue Institutionenöko-
nomik

Lukas Dreier
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Wirtschafts-
wissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Volks-
wirtschaftslehre/Mikroökonomik

Dr. Patrick Figge
Universität Passau, Wirtschaftswissenschaftliche
Fakultät, Lehrstuhl für Organisation, Technologie-
management und Entrepreneurship

Rebecca Janßen
ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim, For-
schungsbereich Digitale Ökonomie

Valeska Maul
Universität Potsdam, Digital Engineering Fakul-
tät, Hasso-Plattner-Institut für Digital Enginee-
ring gGmbH, Fachgebiet IT-Entrepreneurship

Dr. Ulf Rinne
Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit GmbH
(IZA)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
Kurzfassung	14

A AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN

A0 F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode	22
A1 Klimaziele energisch angehen	24
A2 Technologische Rückstände aufholen und vermeiden	27
A3 Fachkräftebasis durch Bildung und Qualifizierung stärken	30
A4 Innovationsbeteiligung erhöhen	32
A5 Agile Governance-Strukturen entwickeln	34

B KERNTHEMEN 2022

B1 Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität	40
B2 Motorisierter Individualverkehr auf dem Weg zur Nachhaltigkeit	60
B3 Innovationen in der Plattformökonomie	80
B4 Digitale Transformation im Gesundheitswesen	96

C

STRUKTUR UND TRENDS

C0	Überblick	110
C1	Bildung und Qualifikation	113
C2	Forschung und Entwicklung	118
C3	Innovationsverhalten der Wirtschaft	123
C4	Finanzierung von Forschung und Innovation	126
C5	Unternehmensgründungen	129
C6	Patente	132
C7	Fachpublikationen	135
C8	Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung	138

D

VERZEICHNISSE

D1	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen	143
D2	Abkürzungsverzeichnis	146
D3	Glossar	150
D4	Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen	157
D5	Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem	159
D6	Literaturverzeichnis	161
D7	Endnotenverzeichnis	167

Vorwort

Die neue Bundesregierung hat ihre Arbeit in einer schwierigen politischen und wirtschaftlichen Phase begonnen. Seit fast zwei Jahren bestimmt die Coronapandemie das wirtschaftliche und soziale Leben. Trotzdem dürfen die vielen anderen wichtigen Gestaltungsaufgaben nicht liegen bleiben, die im Zuge der großen gesellschaftlichen Herausforderungen anzugehen sind.

Im Koalitionsvertrag stellen die Regierungsparteien eine Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt ihres Programms der neuen Legislaturperiode. Für die Entwicklung und Verbreitung von neuartigen, nachhaltigeren Technologien sind hochwertige Forschung und Innovation unabdingbare Voraussetzungen. Die Coronakrise hat gezeigt, wie sich für medizinisch-gesundheitliche Probleme mithilfe von Forschung innovative Lösungen finden lassen – und dies, wenn es darauf ankommt, sehr schnell. Diese Erfahrung des unter Druck Möglichen kann sehr hilfreich sein, wenn es in den kommenden Jahren darum geht, den transformativen Wandel zu gestalten.

Der Koalitionsvertrag benennt die zentralen Problemstellungen der Forschungs- und Innovationspolitik, formuliert hochgesteckte Ziele und untersetzt diese – zumindest teilweise – mit recht konkreten Maßnahmen. Die Regierungsparteien haben offenbar große Ambitionen, nicht zuletzt mit Forschung und Innovation die Position der deutschen Wirtschaft im sich international verschärfenden Wettbewerb zu sichern und so die Voraussetzungen für eine erfolgreiche und sozial verträgliche Bewältigung der anstehenden großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu schaffen.

Um dies zu meistern, muss die Bundesregierung ausreichend und verlässlich finanzielle Mittel für die Förderung von Forschung und Innovation bereithalten. Sie muss aber auch bestehende Strukturen und Prozesse so reformieren, dass diese Mittel die gewünschten Wirkungen entfalten sowie die wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformation voranbringen. Dafür müssen einerseits etablierte Denkmuster und bisheriges forschungs- und innovationspolitisches Handeln auf den Prüfstand gestellt werden. Andererseits gilt es, Konzepte für Agilität in der Politik sowie dazu passende moderne Management- und Verwaltungsstrukturen zu entwickeln, mit dem Ziel, neue Ideen und Vorgehensweisen schneller und effizienter in die Praxis zu bringen – auch probeweise und mit dem Risiko zu scheitern.

Planvolles und kluges Vorgehen zur Bewältigung der anstehenden großen gesellschaftlichen Herausforderungen verlangt nach der raschen Konzeption einer über die Legislatur hinausreichenden umfassenden Strategie für eine Forschungs- und Innovationspolitik, die transformations- und missionsorientiert ausgerichtet ist. Diese muss auch die gesellschaftliche Akzeptanz und soziale Nebenwirkungen des transformativen Wandels mitdenken.

Wegbereiter einer erfolgreichen Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit sind radikal neue Technologien. Diese können die ihnen zugedachten Wirkungen aber nicht oder nicht voll entfalten, wenn die Bürgerinnen und Bürger sie nicht akzeptieren. Daher sind komplementäre soziale Innovationen und Einstellungsänderungen notwendig. Dies ist beispielsweise in der Corona-Krise offensichtlich geworden. Zwar wurden schnell Vakzine entwickelt, wegen mangelnder Impfbereitschaft wurde die Pandemie jedoch nicht so stark eingedämmt, wie dies bei größerer Akzeptanz der Impfung möglich gewesen wäre. Darum muss eine zielführende forschungs- und innovationspolitische Strategie gesellschaftliche Voraussetzungen sowie Strukturen und Anreizsysteme, die soziale Innovationen und Einstellungsveränderungen in der gesamten Breite der Gesellschaft unterstützen, von Anfang an mitdenken.

Erfolgreiche transformative Prozesse und radikaler technologischer Wandel bringen neue Geschäftsmodelle hervor, die zusätzliche Wertschöpfung und Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen. Zugleich jedoch werden etablierte Geschäftsmodelle infrage gestellt oder ganz obsolet. Nicht alle wirtschaftlichen Akteure können die dadurch erforderlichen strukturellen Anpassungen ohne Weiteres bewältigen. Deshalb ist es erforderlich, dass in einer forschungs- und innovationspolitischen Strategie auch die zu erwartenden negativen sozialen Begleiterscheinungen sowie die zu deren Abfederung geeigneten präventiven, schützenden und ausgleichenden Maßnahmen klar angesprochen werden.

Vor diesem Hintergrund hat die Expertenkommission im vorliegenden Gutachten forschungs- und innovationspolitische Handlungsempfehlungen für die neue Bundesregierung erarbeitet. Sie möchte mit ihren Vorschlägen eine grundsätzliche Orientierung geben sowie neue Wege und Optionen der Forschungs- und Innovationspolitik aufzeigen. Dabei berücksichtigt die Expertenkommission die bestehenden Strukturen des deutschen F&I-Systems und nimmt die Schwierigkeiten politischer und gesellschaftlicher Konsensfindung mit in den Blick.

In den A-Kapiteln beschäftigt sich die Expertenkommission mit der F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode. Sie spricht sich in Kapitel A 0 dafür aus, aufbauend auf den Erfahrungen der Hightech-Strategie eine neue, umfassende Forschungs- und Innovationsstrategie zu entwickeln und notwendige Zukunftsinvestitionen zu tätigen. In Kapitel A 1 erörtert die Expertenkommission, wie verstärkt Anreize für die Entwicklung und Diffusion CO₂-armer Technologien gesetzt werden können. Eine besondere Bedeutung misst sie dabei der CO₂-Bepreisung bei. Ausgehend von der Feststellung, dass Deutschland bei den digitalen Schlüsseltechnologien Rückstände aufweist, betont die Expertenkommission in Kapitel A 2 die Notwendigkeit, Forschungs- und Innovationsaktivitäten in diesem Bereich weiter zu fördern, den Ausbau der digitalen Infrastruktur voranzutreiben sowie die Innovations- und Wertschöpfungspotenziale von Daten zu nutzen. Kapitel A 3 beschäftigt sich mit der Stärkung der Fachkräfte-

basis durch Bildung und Qualifizierung. Die Expertenkommission weist nachdrücklich darauf hin, dass für eine gute Versorgung mit geeignet qualifizierten Arbeitskräften Schulen und Hochschulen ebenso wie die berufliche Aus- und Weiterbildung leistungsfähiger, bedarfsgerechter und sozial durchlässiger werden müssen. Kapitel A 4 diskutiert, wie dem bestehenden rückläufigen Trend bei der Innovatorenquote entgegengewirkt werden kann. Die Expertenkommission befürwortet in diesem Zusammenhang, die Bedingungen für Start-ups zu verbessern und die Forschungs- und Innovationsförderung potenzialorientiert auszurichten. In Kapitel A 5 spricht sich die Expertenkommission dafür aus, existierende Governance-Strukturen anzupassen, agiles Politikhandeln zu befördern und Politiklernen stärker in bestehende Prozesse zu integrieren.

Schlüsseltechnologien eröffnen einer Volkswirtschaft hohe Potenziale für eine prosperierende technologische und wirtschaftliche Entwicklung. Sie haben eine zentrale Bedeutung für die aktuellen und zukünftigen Wertschöpfungsaktivitäten. Die Expertenkommission kommt in Kapitel B 1 zu dem Ergebnis, dass Deutschland Stärken in den Schlüsseltechnologiebereichen der Produktionstechnologien sowie der Bio- und Lebenswissenschaften aufweist. Im Bereich der Digitalen Technologien hingegen zeigen Deutschland und die EU-27 deutliche Schwächen. Damit verlieren sie nicht nur den Anschluss in einem ökonomisch immer bedeutsamer werdenden Technologiebereich, sondern gefährden auch ihre bestehenden Stärken in den Produktionstechnologien sowie den Bio- und Lebenswissenschaften, die zunehmend von Digitalen Technologien durchdrungen werden.

Gemäß dem Klimaschutzgesetz muss Deutschland bis 2045 klimaneutral werden. Die Expertenkommission analysiert in Kapitel B 2 die Rolle des motorisierten Individualverkehrs bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Auf Fahrzeugebene lässt sich eine Verringerung dieser Emissionen durch den Einsatz neuer Antriebsarten und alternativer Kraftstoffe erreichen. Die Expertenkommission empfiehlt daher, durch einen hinreichend hohen CO₂-Preis die Attraktivität von konventionellen Verbrennern zu mindern. Zudem sollte das System von Steuern und Abgaben für Pkw reformiert und direkt an der Nutzung von Pkw ausgerichtet werden. Da Entwicklungen beim autonomen Fahren Chancen zur Bündelung von Verkehren eröffnen, sollte der gesetzliche Rahmen zur Personenbeförderung die Entwicklung dieser innovativen Mobilitätsdienstleistungen nicht behindern.

In Kapitel B 3 analysiert die Expertenkommission, welche Auswirkungen die Nutzung von digitalen B2B-Plattformen auf Innovationsaktivitäten von Unternehmen haben kann und welche Herausforderungen für Unternehmen bei dieser Nutzung bestehen. Unternehmen sehen viele Vorteile der B2B-Plattformnutzung für die eigene Innovationsaktivität, beispielsweise durch einen vereinfachten Zugang zu Daten oder die Einbindung von externen Partnern in den Innovationsprozess. Gleichzeitig haben sie Bedenken hinsichtlich des

Datenschutzes und der IT-Sicherheit und fürchten den Abfluss von innovations- und wettbewerbsrelevantem Wissen. Um die mit digitalen B2B-Plattformen verbundenen Potenziale zu heben, empfiehlt die Expertenkommission, die Voraussetzungen für datenbasierte B2B-Geschäftsmodelle zu verbessern und eine EU-weit einheitliche Plattformregulierung zu forcieren.

In Kapitel B 4 widmet sich die Expertenkommission der Digitalisierung des Gesundheitswesens, mit der große Innovations- und Wertschöpfungspotenziale im Hinblick auf eine qualitativ bessere und effizientere Gesundheitsversorgung verbunden werden. Insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten in Verbindung mit neuen digitalen Analyseverfahren eröffnet Möglichkeiten für eine stärker personalisierte Diagnostik und Therapie. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei der Digitalisierung des Gesundheitswesens jedoch weit hinter anderen europäischen Ländern zurück. Um bestehende Hemmnisse abzubauen und die mit der Digitalisierung verbundenen Innovationspotenziale heben zu können, bedarf es einer Digitalisierungsstrategie sowie einer koordinierenden Stelle mit möglichst weitreichenden Durchsetzungskompetenzen für deren Umsetzung.

Berlin, den 23. Februar 2022



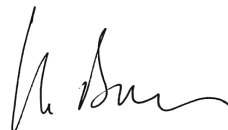
Prof. Dr. Uwe Cantner
(Vorsitzender)



Prof. Dr. Katharina Hölzle
(stellvertretende Vorsitzende)



Prof. Dr. Irene Bertschek



Prof. Dr. Holger Bonin



Prof. Dr. Carolin Häussler



Prof. Dr. Till Requate

KURZFASSUNG

Kurzfassung

A Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen

A0 F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode

Die Regierungsparteien haben im Koalitionsvertrag ihre Vorhaben für die neue Legislaturperiode skizziert. Sie haben den Willen bekundet, die großen gesellschaftlichen Herausforderungen mit Nachdruck anzugehen und die Weichen für eine sozial-ökologische Marktwirtschaft zu stellen. Der hierzu notwendige transformative Wandel lässt sich nur mit erheblichen, oft radikalen technologischen Neuerungen, sozialen Innovationen und dazu komplementären Verhaltensänderungen realisieren. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, aufbauend auf den Erfahrungen der Hightech-Strategie eine neue, umfassende F&I-Strategie zu entwickeln und das 3,5-Prozent-Ziel um eine qualitative Dimension zu erweitern. Darüber hinaus sollte eine Zukunftsquote für den Bundeshaushalt eingeführt werden.

A1 Klimaziele energisch angehen

Damit Deutschland seine ehrgeizigen Klimaziele erreichen kann, muss die Entwicklung CO₂-armer Technologien weiter vorangetrieben und deren Diffusion in die Märkte hinein gefördert werden. Neben den Instrumenten der F&I-Politik kommt hierbei der CO₂-Bepreisung eine besondere Bedeutung zu. Nach Einschätzung der Expertenkommission müssen die Anreizwirkungen des europäischen und des nationalen Emissionshandels erhöht werden. Des Weiteren sollten die mit staatlichen Eingriffen verbundenen Preisbestandteile im Energiesektor zügig reformiert und klimaschädliche Subventionen abgebaut werden. Durch die Gründung eines internationalen Klimaklubs mit einem gemeinsamen CO₂-Grenzausgleichsmechanismus sollten Wettbewerbsnachteile emissionsarmer Technologien in den beteiligten Ländern gegenüber kostengünstigeren emissionsintensiven Technologien von außerhalb ausgeglichen werden.

A2 Technologische Rückstände aufholen und vermeiden

Deutschland zeigt in der Entwicklung von Digitalen Technologien erhebliche Schwächen. Es besteht die Gefahr, den Anschluss in dieser zentralen Schlüsseltechnologie zu verlieren. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, digitale Schlüsseltechnologien auf der Grundlage von Strategien und Rahmenprogrammen weiter zu fördern und die Innovations- und Wertschöpfungspotenziale von Daten stärker als bisher zu nutzen. Zudem erachtet es die Expertenkommission für notwendig, den Ausbau der digitalen Infrastruktur weiter zu forcieren und die Cybersicherheit vor dem Hintergrund einer verschärften

Bedrohungslage zu stärken. Des Weiteren sollte Deutschland E-Government mit Nachdruck vorantreiben.

A 3 Fachkräftebasis durch Bildung und Qualifizierung stärken

Damit Deutschland die zur Bewältigung der laufenden Transformationen und großen Zukunftsaufgaben erforderlichen Innovationen und Produktivitätsgewinne realisieren kann, sollte die Stärkung der Fachkräftebasis forciert werden. Zur Verbesserung der MINT-Kompetenzen empfiehlt die Expertenkommission, im schulischen Bereich Lerninhalte und Lehrmethoden auf den Prüfstand zu stellen, drohende Engpässe bei der Lehrkräfteversorgung in den MINT-Fächern aktiver zu bekämpfen und das Schulfach Informatik auszubauen. Sie rät, die betriebliche Berufsausbildung sowohl von der Angebots- als auch von der Nachfrageseite her attraktiver zu machen und so zu stabilisieren. Ebenso sollte die berufliche Anpassungsfähigkeit durch Weiterbildung, insbesondere durch präventive Brückenlösungen, gestärkt werden.

A 4 Innovationsbeteiligung erhöhen

Um dem in Deutschland rückläufigen Trend bei der Innovatorenquote entgegenzuwirken, sollten die Bedingungen für die Beteiligung an F&I-Aktivitäten mithilfe maßgeschneiderter Fördermaßnahmen verbessert werden. Dies könnte beispielsweise durch eine umfassende Start-up-Strategie erfolgen. Die Expertenkommission sieht es als notwendig an, die Gründungs- und Transferinfrastruktur an Hochschulen erheblich zu professionalisieren. Der Zugang zu Wagniskapital sollte durch die Weiterentwicklung des Zukunftsfonds verbessert werden – durch die Schaffung von Fördermodulen für sozial und ökologisch ausgerichtete Projekte sowie speziell für Gründerinnen. Die Expertenkommission spricht sich dagegen aus, F&I-politische und strukturpolitische Ziele zu vermischen. Sie schlägt vor dem Hintergrund unterschiedlicher regionaler Voraussetzungen vor, die F&I-Förderung potenzialorientiert auszurichten.

A 5 Agile Governance-Strukturen entwickeln

Die mit dem anstehenden transformativen Wandel verbundenen F&I-politischen Aufgaben erfordern agiles Politikhandeln. Hierzu sind geeignete Governance-Strukturen zu entwickeln und Politiklernen ist stärker in die politischen Prozesse zu integrieren. Die digitalpolitischen Aktivitäten der verschiedenen Ressorts sind nach dem erfolgten neuen Zuschnitt der Kompetenzen straffer als bisher zu koordinieren und aufeinander abzustimmen. Dazu müssen Schnittstellen klar definiert werden und durch ressortübergreifende Projektteams oder Taskforces eine strukturelle Verankerung erhalten. Die Expertenkommission spricht sich dagegen aus, in der F&I-Politik auf Agenturlösungen als Allheilmittel zu setzen. Systematisch und mit geeigneten Methoden durchgeführte Evaluationen von F&I-politischen Maßnahmen erachtet sie als wichtig, um daraus für die Gestaltung künftiger Fördermaßnahmen zu lernen.

B Kernthemen 2022

B 1 Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität

Alleinstellungsmerkmale und Innovationen bei den Schlüsseltechnologien tragen zur Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen einer Volkswirtschaft in diesen Technologien bei.

Im internationalen Vergleich weist Deutschland Stärken in den Schlüsseltechnologiebereichen der Produktionstechnologien sowie der Bio- und Lebenswissenschaften auf. Im Bereich der Digitalen Technologien hingegen zeigt Deutschland – wie auch die EU-27 – deutliche Schwächen und ist zudem stark von Importen aus China abhängig.

Die Expertenkommission spricht daher folgende Empfehlungen aus:

- Schlüsseltechnologien und darauf aufbauende Schlüsseltechnologieportfolios müssen anhand klarer und operationalisierbarer Kriterien definiert werden, um sicherzustellen, dass ihre Auswahl nicht von durchsetzungsstarken Einzelinteressen bestimmt wird.
- Schlüsseltechnologien sollten durch kontinuierliche Foresight-Analysen und Monitoring-Prozesse systematisch beobachtet werden. Ziel dieser Prozesse muss es sein, aktuelle, neu aufkommende und potenzielle Schlüsseltechnologien zu erfassen und hinsichtlich ihrer technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Potenziale zu bewerten.
- Die Bundesregierung sollte ein unabhängiges strategisches Beratungsgremium für Schlüsseltechnologien einrichten, mit der Aufgabe kontinuierlich ein Schlüsseltechnologieportfolio zu aktualisieren und für die Bundesregierung Handlungsempfehlungen für den Umgang mit ausgewählten Schlüsseltechnologien zu erarbeiten.
- In Schlüsseltechnologiebereichen, in denen sich Technologiesprünge abzeichnen, sollten neben der Grundlagenforschung auch anwendungsorientierte Pilotprojekte gefördert werden. Ein Aufbau der Kompetenzen für Schlüsseltechnologien muss in der akademischen Bildung sowie in der Aus- und Weiterbildung frühzeitig eingeleitet werden.
- Die Bundesregierung sollte ihre Förderung im Bereich der Schlüsseltechnologien nicht nur auf den vormarktlischen Bereich ausrichten. Zur Förderung potenzieller Schlüsseltechnologien (Infant Technologies) rät die Expertenkommission, auch im marktlichen Bereich Eingriffe vorzunehmen, sofern diese einen katalytischen Charakter haben.
- Zur Stärkung von Schlüsseltechnologien und der eigenen technologischen Souveränität sollten Deutschland und die EU stärker gemeinsam vorgehen, um eine kritische Masse an Kapazitäten und Aktivitäten zu erreichen.

B 2 Motorisierter Individualverkehr auf dem Weg zur Nachhaltigkeit

Die deutsche Politik steht vor der großen Herausforderung, die Emissionen des Verkehrssektors bereits bis 2045 auf null bringen zu müssen. Der motorisierte Individualverkehr ist ein wesentlicher Verursacher von Treibhausgasemissionen. Auf Fahrzeugebene lässt sich eine Reduktion dieser Emissionen durch den Einsatz neuer Antriebsarten und alternativer Kraftstoffe erreichen. Der batteriebetriebene Pkw erweist sich dafür als die ökologisch und ökonomisch vorteilhafteste Alternative. Darüber hinaus eröffnen Entwicklungen in der Digitalisierung und beim autonomen Fahren Chancen für innovative Mobilitätsangebote wie Carsharing und Bedarfsverkehr, die durch geteilte Fahrzeugnutzung bzw. die Bündelung von Verkehr zur Reduktion von Emissionen beitragen können.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission:

- Durch geeignete Maßnahmen sollte schnell ein hinreichend hoher CO₂-Preis realisiert werden, um die Attraktivität von konventionellen Verbrennern zu verringern und zugleich den Unternehmen Planungssicherheit im Hinblick auf die Marktfähigkeit von E-Mobilität und zukünftigen Entwicklungen alternativer Antriebe zu geben.
- Das System von Steuern und Abgaben sollte grundsätzlich reformiert werden, indem pauschale Steuern, wie die Kfz-Steuer, gesenkt und stattdessen verstärkt nutzungsabhängige Abgaben, wie Maut- und Parkgebühren, erhoben werden.
- Das Angebot an CO₂-neutralem Strom sollte u.a. durch den Ausbau der erneuerbaren Stromquellen erhöht werden.
- Strom sollte von Zusatzlasten ohne Lenkungswirkung wie der EEG-Umlage und der Stromsteuer befreit werden, um die Strompreise niedrig zu halten.
- Die Entwicklung neuartiger Batterien mit geringerem ökologischem Fußabdruck sollte mit Nachdruck gefördert werden.
- Das jetzige Kaufprämienystem für den Kauf von Elektroautos sollte wie geplant bis 2025 auslaufen.
- Plug-in-Hybride sollten sofort von Kaufprämien ausgeschlossen werden, da sie in den Umweltbilanzen deutlich schlechter abschneiden als batterieelektrische Fahrzeuge.
- Eine Bepreisung von CO₂ und anderen Externalitäten sollte durch eine Kombination aus CO₂-Preis und einer entsprechend angepassten Benzin-/Dieselsteuer erreicht werden.
- § 50 Personenbeförderungsgesetz sollte dahin gehend reformiert werden, dass Kommunen weniger Einfluss auf die Anbieter des gebündelten Bedarfsverkehrs nehmen können.

B 3 Innovationen in der Plattformökonomie

Digitale Plattformen orchestrieren die Interaktion verschiedener Akteursgruppen und ermöglichen die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle sowie neuer Produkte und Dienste. Unternehmen, die digitale B2B-Plattformen nutzen, sehen viele Vorteile für die eigene Innovationsaktivität, beispielsweise durch einen vereinfachten Zugang zu Daten oder die Einbindung von externen Partnern in den Innovationsprozess. Das Wertschöpfungspotenzial durch die Nutzung von B2B-Plattformen und insbesondere durch die Nutzung datenbasierter Plattformen im industriellen Bereich wird für die deutsche Wirtschaft als hoch eingeschätzt.

Es gilt, diese Potenziale zu heben und einen Abfluss der Wertschöpfung an die zunehmend in den B2B-Bereich vordringenden großen B2C-Plattformen aus den USA und China zu vermeiden. Daher empfiehlt die Expertenkommission folgende Maßnahmen:

- Die Vorgaben der Public-Sector-Information-Richtlinie und Maßnahmen der Open-Data-Strategie sollten zügig und konsequent umgesetzt werden.
- Die Bundesregierung wird aufgefordert, die Fortschritte von GAIA-X zeitnah und in regelmäßigen Abständen zu prüfen. Wenn sich abzeichnet, dass GAIA-X deutlich und dauerhaft hinter den gesetzten Zielen zurückbleibt, sollte die Förderung entsprechend angepasst werden.
- Die Rahmenbedingungen für Datenintermediäre im geplanten Daten-Governance-Gesetz sollten so gestaltet werden, dass Akteure einen Anreiz haben, solche Mittlerdienste anzubieten, und qualitativ hochwertige Dienstleistungen sichergestellt sind.
- Um das Vertrauen in B2B-Plattformökosysteme zu stärken, sollte die Gründung von B2B-Plattformen, die Unternehmen gemeinschaftlich betreiben und gestalten, gefördert werden.
- Die Ausbildung von Kompetenzen im Umgang mit Daten sollte weiter gestärkt werden. Vor diesem Hintergrund begrüßt die Expertenkommission die Verlängerung der Förderrichtlinie go-digital bis Ende 2024 und insbesondere das neu aufgenommene Modul go-data.
- Auf Basis der begrüßenswerten Regelungen im GWB-Digitalisierungsgesetz und im vorgesehenen DMA zur Verbesserung der Datenportabilität und Interoperabilität digitaler Plattformen müssen geeignete Kriterien entwickelt werden, um die Umsetzung dieser Regelungen auch überprüfen zu können.
- Die Bundesregierung und die Europäische Kommission sollten sich für eine EU-weit einheitliche Plattformregulierung einsetzen.
- Es ist erforderlich, die regulatorischen Maßnahmen wie die zehnte GWB-Novelle oder den DMA nach ihrer Einführung auf ihre Innovationswirkungen hin zu evaluieren. Das Entstehen ähnlich hoher Marktkonzentrationen wie im B2C-Bereich sollte verhindert werden.

B 4 Digitale Transformation im Gesundheitswesen

Mit der Digitalisierung des Gesundheitswesens werden große Innovations- und Wertschöpfungspotenziale im Hinblick auf eine qualitativ bessere und effizientere Gesundheitsversorgung verbunden. Insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten in Verbindung mit neuen digitalen Analyseverfahren eröffnet Möglichkeiten für eine stärker personalisierte Diagnostik und Therapie. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei der Digitalisierung des Gesundheitswesens deutlich zurück.

Um bestehende Hemmnisse abzubauen und die mit der Digitalisierung verbundenen Innovationspotenziale heben zu können, empfiehlt die Expertenkommission folgende Maßnahmen:

- Die im Koalitionsvertrag angekündigte Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitssystem sollte rasch entwickelt und umgesetzt werden. Bei der Erarbeitung sollten alle relevanten Stakeholder einbezogen werden. Für die Umsetzung sollte eine koordinierende Stelle mit möglichst weitreichenden Durchsetzungskompetenzen geschaffen oder beauftragt werden.
- Um einen effizienten und friktionslosen Austausch von Daten und Informationen zu ermöglichen und Interoperabilität zwischen IT-Systemen zu gewährleisten, muss der Etablierung interoperabler und internationaler Standards im Rahmen der Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitssystem ausreichend Raum gegeben werden.
- Die DSGVO-konforme wissenschaftliche Nutzung von Gesundheitsdaten, zu der das im Koalitionsvertrag angekündigte Gesundheitsdatennutzungsgesetz aus Sicht der Expertenkommission einen Beitrag leisten kann, sollte für Forschende so gestaltet werden, dass der administrative Aufwand möglichst gering ist.
- Es ist begrüßenswert, dass allen Versicherten eine DSGVO-konforme ePA per Opt-out zur Verfügung gestellt werden soll. Um die mit den ePA-Daten verbundenen Potenziale heben zu können, sollte die Möglichkeit der Freigabe der Daten – insbesondere für Forschungszwecke – möglichst niedrigschwellig ausgestaltet werden.
- Damit die Möglichkeiten der Telemedizin stärker genutzt werden, sind ausreichende finanzielle Anreize für die Leistungserbringer erforderlich. Wo dies derzeit nicht der Fall ist, sollten daher in der Einführungsphase gleiche Leistungen gleich vergütet werden.
- DiGA-Anbieter müssen im Rahmen des Zulassungsprozesses u. a. diverse Nachweise über die medizinische Evidenz darlegen. Auch wenn dies eine zwingende Voraussetzung für die Gewährleistung einer hochwertigen Gesundheitsversorgung ist, sollte die Einführung flexibler, adaptiver Studiendesigns und -anforderungen geprüft werden. Nach der Zulassung sollten Funktionalität und Wirksamkeit der DiGA kontinuierlich überprüft werden.
- Um Anreize zur Qualitätssteigerung aufseiten der DiGA-Anbieter zu setzen und die Qualität der DiGA zu gewährleisten, sollten geeignete performancebasierte Vergütungsmodelle eingeführt werden.

A

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUS- FORDERUNGEN



A 0 F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode

Die Regierungsparteien haben im Koalitionsvertrag „Mehr Fortschritt wagen – Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit“ ihre Vorhaben für die neue Legislaturperiode skizziert.¹ Sie haben den Willen bekundet, die großen gesellschaftlichen Herausforderungen mit Nachdruck anzugehen und die Weichen für eine sozial-ökologische Marktwirtschaft zu stellen. Die neue Bundesregierung wird sich daran messen lassen müssen, inwieweit es ihr gelingen wird, den transformativen Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft voranzutreiben und sozial verträglich zu gestalten. Diese komplexen Aufgaben lassen sich nur bewältigen, wenn sie mit klugen Konzepten und Verve angegangen werden.

Radikale Innovationen für transformativen Wandel notwendig

Die Bundesregierung kann sich nicht darauf verlassen, dass es ausreicht, die Technologiebereiche und Wirtschaftszweige, die Deutschland in den letzten Dekaden wirtschaftlich stark gemacht haben, weiterzuentwickeln sowie auf inkrementelle, auf höchste Qualität und auf größte Effizienz ausgerichtete Innovationen zu setzen. Der transformative Wandel lässt sich nur mit erheblichen, oft radikalen technologischen Neuerungen, sozialen Innovationen und dazu komplementären Verhaltensänderungen realisieren. Bisher eingesetzte Technologien und bestehende Geschäftsmodelle werden dabei abgelöst werden und vorhandene Konsummuster infrage gestellt. Gleichzeitig werden sich neue Wertschöpfungspotenziale ergeben, die es zu nutzen gilt.

Damit der transformative Wandel gelingen kann, sind ein Umdenken sowie eine Bereitschaft, gänzlich neue Wege zu gehen, notwendig – nicht nur von der Wirtschaft und Gesellschaft, sondern auch von der Politik. Die Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) kann und muss hier, vor allem im Zusammenspiel mit anderen Politikfeldern, wichtige Beiträge leisten. Neben der Aufgabe, die Entwicklung und den Einsatz radikal neuer Technologien zu forcieren und soziale Innovationen zu unterstützen, muss die F&I-Politik auch selbst erneuert werden – durch neue Formate und Strukturen der Förderpolitik sowie durch einen Kulturwandel hin zu mehr Agilität.

Hierzu hat die Expertenkommission in ihrem Jahresgutachten 2021 bereits formuliert, welche neuen Wege zu gehen sind und welche neuen Strukturen der Forschungsförderung aufgesetzt werden müssen.²

Umfassende Forschungs- und Innovationsstrategie entwickeln

Die Expertenkommission erachtet es als notwendig, aufbauend auf den Erfahrungen der Hightech-Strategie (HTS) eine neue, umfassende F&I-Strategie zu entwickeln. Dabei sollten die Ergebnisse der HTS-Begleitforschung für konzeptionelle und inhaltliche Verbesserungen berücksichtigt werden.³

Da die F&I-Politik zunehmend gefordert ist, zur Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen beizutragen, sollte in der neuen F&I-Strategie der Politikansatz der Neuen Missionsorientierung verstärkt verfolgt und weiterentwickelt werden. Kennzeichnend für diesen Politikansatz

sind sogenannte Missionen, die konkrete Transformationsziele enthalten und durch F&I-politische sowie komplementäre Maßnahmen anderer Politikfelder verfolgt werden sollen. Die Expertenkommission hat der Neuen Missionsorientierung in ihrem Jahresgutachten 2021 ein eigenes Kapitel gewidmet und verweist auf die dort formulierten Handlungsempfehlungen.⁴

Die Regierungsparteien haben angekündigt, die HTS missionsorientiert weiterzuentwickeln. Weitere Hinweise zur neuen F&I-Strategie sind im Koalitionsvertrag nicht enthalten. Die Expertenkommission betont, dass es notwendig ist, eine ganzheitliche, den gesamten Innovationsprozess umfassende F&I-Strategie zu entwickeln. Die neue Bundesregierung benötigt einen kohärenten Politikansatz, der F&I-Prozesse in ihrer Vielfältigkeit und Gesamtheit mit allen Facetten umfasst und dem sich alle Ressorts verpflichtet fühlen. Das deutsche Innovationssystem muss ertüchtigt werden, nicht nur inkrementelle, sondern vor allem auch radikale Neuerungen erfolgreich hervorzu- bringen. Technologische und soziale Innovationen sowie neue Geschäftsmodelle sollten in der neuen F&I-Strategie gleichermaßen Berücksichtigung finden. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE-Aktivitäten) sind von der Grundlagenforschung über die anwendungsbezogene Forschung bis zur experimentellen Entwicklung in den Blick zu nehmen. Gleichzeitig sind aber auch Innovationsprozesse, die nicht auf FuE basieren, anzustoßen.⁵ Darüber hinaus muss der Transfer in die wirtschaftliche und gesellschaftliche Anwendung verstärkt in den Fokus gerückt werden.

3,5-Prozent-Ziel um qualitative Dimensionen erweitern

Die Bundesregierung kann sich bei der Aufgabe, eine breit angelegte F&I-Strategie umzusetzen, auf starke Akteure in Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik stützen. In den beiden vergangenen Dekaden hat sich das deutsche F&I-System sehr gut entwickelt – ein gemeinsamer Erfolg privatwirtschaftlicher F&I-Aktivitäten und einer breiten staatlichen Förderpolitik. In der volkswirtschaftlichen FuE-Intensität, die ein wichtiges Maß zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von nationalen Innovationssystemen darstellt, spiegelt sich dieser Erfolg wider. Nach Erreichen des Drei-Prozentziels im Jahr 2017 hat Deutschland mittlerweile

zur internationalen Spitzengruppe aufgeschlossen und steuert nun das 3,5-Prozent-Ziel an (vgl. Abbildung C 2-1). Dem Anspruch, eine international führende Rolle als Innovationsstandort zu spielen, ist Deutschland so durchaus gerecht geworden.

Die Expertenkommission begrüßt, dass die Regierungsparteien das 3,5-Prozent-Ziel weiterverfolgen.⁶ Beim transformativen Wandel kommt es allerdings nicht nur auf die Höhe der FuE-Ausgaben an, sondern auch auf die Bereiche, in denen FuE betrieben wird. Die zur Verfügung stehenden Statistiken lassen jedoch Aussagen über die Verwendung der FuE-Ausgaben für aktuelle F&I-politische Prioritäten nur im eingeschränkten Maße zu. Die Expertenkommission sieht daher den Bedarf,

Box A 0-1 F&I-Aktivitäten in der Coronakrise

FuE-Intensität

Wirtschaft, Staat und Hochschulen gaben im Jahr 2020 knapp 106 Milliarden Euro für FuE aus. Im Jahr zuvor waren es noch 110 Milliarden Euro.⁷ Damit sank die FuE-Intensität, also der Anteil des Bruttoinlandsprodukts, der auf FuE entfällt, trotz gesunkenen Bruttoinlandsprodukts von 3,17 Prozent im Jahr 2019 auf 3,14 Prozent im Jahr 2020.

Innovationsverhalten der Wirtschaft

Im Rahmen des Mannheimer Innovationspanels (MIP) wurden die Unternehmen im Verlauf des Jahres 2021 zu ihren im Jahr 2020 getätigten Innovationsausgaben sowie zu den in den Jahren 2021 und 2022 geplanten Innovationsausgaben befragt.⁸

Im Jahr 2020 sanken die Innovationsausgaben der Unternehmen in Deutschland gegenüber 2019 um 3,6 Prozent auf 170,5 Milliarden Euro. Zum Befragungszeitpunkt (Frühjahr und Sommer 2021) planten die Unternehmen für 2021 und 2022, ihre Innovationsausgaben um 2,1 Prozent bzw. 1,2 Prozent gegenüber dem Vorjahr zu erhöhen.⁹ Sofern die Innovationsausgaben in den Jahren 2021 und 2022 wie geplant umgesetzt wurden bzw. werden, bleiben sie im Jahr 2022 knapp unter dem Niveau von 2019.

die rein quantitative Größe „FuE-Ausgaben“ um qualitative Dimensionen zu erweitern. Dies ist für FuE-Prozesse in Unternehmen und Hochschulen in entsprechenden Statistiken nicht abbildbar. Nach Einschätzung der Expertenkommission lassen sich jedoch die Ausgaben des Bundes für FuE in geeigneter Weise klassifizieren. Zu diesem Zweck ist die zuletzt 2009 überarbeitete Leistungsplansystematik des Bundes dahin gehend weiterzuentwickeln, dass sich einzelne Förderpositionen unterschiedlichen aktuellen Politikzielen zuordnen lassen. Dies kann zu verbesserten Monitoring-Prozessen und so zu besserer F&I-Politik beitragen.

Trotz Coronakrise Zukunftsinvestitionen tätigen

Die Voraussetzungen, um den transformativen Wandel voranzubringen, haben sich durch die Coronakrise verschlechtert. Zwar gab es bisher nur einen leichten Rückgang der aktuellen und geplanten F&I-Aktivitäten (siehe Box A 0-1). Jedoch stellt die immense Neuverschuldung des Bundes ein schwer-

wiegendes Problem dar.¹⁰ Die grundgesetzlich verankerte Schuldenbremse wird den politischen Handlungsspielraum in den kommenden Jahren auch in der F&I-Politik einschränken. Es gilt deshalb mehr denn je, klug Prioritäten zu setzen.

Die Regierungsparteien haben im Koalitionsvertrag erklärt, im Rahmen der Schuldenbremse die nötigen Zukunftsinvestitionen – insbesondere in Klimaschutz, Digitalisierung, Bildung und Forschung sowie die Infrastruktur – zu gewährleisten.¹¹ Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, die zeitliche Dimension aller dafür geplanten Aufwendungen des Bundes transparent zu kommunizieren und eine Zukunftsquote für den Bundeshaushalt einzuführen. Das ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim (ZEW) hat im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ein praktikables Konzept für eine solche Zukunftsquote entwickelt. Bei der Berechnung werden hier neben traditionellen Investitionen auch Aufwendungen zum Erhalt und zur Mehrung von Humankapital, Naturkapital und technischem Wissen berücksichtigt.¹²

A 1 Klimaziele energisch angehen

Deutschland hat sich ehrgeizige Ziele beim Kampf gegen den Klimawandel gesetzt, die die neue Bundesregierung noch energischer verfolgen will. Hierzu muss die Entwicklung kohlendioxidarmer (CO₂-armer) Technologien angestoßen und weiter vorangetrieben werden – von neuen Energieträgern wie Wasserstoff und alternativen Kraftstoffen über neue Speichermedien und kurzfristige Stromspeicher bis hin zu digitaler Steuerung und intelligenten Netzen. Zudem sind Maßnahmen zu ergreifen, die die Diffusion dieser Technologien in die Märkte hinein fördern, da sie gegenüber etablierten klimaschädlichen Technologien noch Preisnachteile aufweisen. Um Innovationen mit Bezug zu Nachhaltigkeit und Klimawandel zu forcieren, müssen für Unternehmen sowie Konsumentinnen und Konsumenten geeignete Investitions- bzw. Kaufanreize geschaffen werden. Neben den klas-

sischen Instrumenten der F&I-Politik kommt in diesem Zusammenhang der CO₂-Bepreisung und damit der schadensadäquaten Belastung etablierter klimabelastender Technologien eine besondere Bedeutung zu. Hierdurch gewinnen neue klimaneutrale Technologien an Attraktivität sowie an Wettbewerbsfähigkeit und können sich so schneller auf den Märkten verbreiten. Weil durch den CO₂-Preis erhöhte Preise für Güter und Dienstleistungen einkommensschwache Haushalte besonders stark betreffen, sind geeignete Maßnahmen für den sozialen Ausgleich der Wirkungen des CO₂-Preises über das Steuer- und Transfersystem zu ergreifen.

Anreizwirkungen des Emissionshandels erhöhen

Über das europäische Emissionshandelssystem (European Union Emissions Trading System – EU ETS) bildet sich für die CO₂-Emissionen der Energiewirtschaft sowie der emissionsintensiven Industriesektoren ein CO₂-Preis am Markt. Dieser Marktpreis war jedoch lange Zeit erheblich zu niedrig, um starke Anreize zu setzen, klimaneutrale Technologien und Produkte zu entwickeln und nachzufragen. Obgleich der Preis zuletzt merklich angezogen hat,¹³ begrüßt die Expertenkommission die Pläne der Regierungsparteien, sich auf europäischer Ebene für einen ETS-Mindestpreis einzusetzen,¹⁴ um verlässliche Anreize für die Entwicklung und Diffusion innovativer CO₂-armer oder gar CO₂-neutraler Technologien zu schaffen.¹⁵

Im Rahmen des im Jahr 2019 geschaffenen Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) wird die CO₂-Bepreisung für die bislang nicht im EU ETS erfassten Sektoren Verkehr und Wärme geregelt.¹⁶ Im Jahr 2021 wurden für diese beiden Sektoren handelbare Emissionszertifikate eingeführt, die bis zum Jahr 2025 zu einem Festpreis verkauft und ab dem Jahr 2026 versteigert werden sollen. Für das Jahr 2026 wurde ein Preiskorridor von mindestens 55 Euro und maximal 65 Euro festgelegt. Die festgeschriebenen Preise bzw. die Preisobergrenze hält die Expertenkommission jedoch nicht für ausreichend hoch, um einen Innovations- und Diffusionsprozess zu initiieren, der das im Bundesklimaschutzgesetz festgelegte Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2045 ermöglicht. Die Expertenkommission begrüßt daher den im Koalitionsvertrag anvisierten Plan der Regierungsparteien, das BEHG zu reformieren,¹⁷ und empfiehlt, das System möglichst schnell in einen echten Emissionshandel umzuwandeln, der allenfalls einen Mindestpreis zulässt. Sie befürwortet zudem das Vorhaben, den nationalen Emissionshandel in den von der Europäischen Kommission geplanten europäischen Emissionshandel ETS 2 zu überführen.¹⁸ Die Expertenkommission hält die im Bundesklimaschutzgesetz vorgesehene Differenzierung der Minderungsziele nach Sektoren für wenig praktikabel und sieht darüber hinaus das Problem, dass dadurch nicht die wirtschaftlichsten Investitionen für die Einsparung von CO₂ getätigt werden.

Klimawirkungen von Subventionen kritisch prüfen

Im Klimaschutz Sofortprogramm 2022 wurde darauf verwiesen, dass die anfängliche finanzielle Förderung des Umstiegs auf klimafreundliche Technologien schrittweise durch Preisanreize und ordnungsrechtliche Maßnahmen abgelöst werden soll.¹⁹ Der Koalitionsvertrag sieht nun Superabschreibungen für Klimaschutzinvestitionen vor.²⁰ Obgleich dieses Instrument bedeutende Innovationswirkungen im Bereich klimafreundlicher Technologien und Geschäftsmodelle generieren kann, stellt es dem Wesen nach eine neue Subvention dar. Die Expertenkommission gibt zu bedenken, dass Abschreibungsregeln für spezielle klimafreundliche Investitionen immer mit der Gefahr eines Greenwashings bei der Antragstellung verbunden sind. Zudem unterliegt die Abgrenzung zwischen klima- und nicht-klimaschützenden Investitionen immer einer gewissen Willkür.²¹ Die Expertenkommission empfiehlt daher, das Instrument der Superabschreibungen als Katalysator zeitlich zu begrenzen. Langfristig sollten effiziente Innovationsanreize in allen Bereichen über einen hinreichend hohen CO₂-Preis gesetzt werden.

Die Regierungsparteien haben darüber hinaus vereinbart, die staatlich induzierten Preisbestandteile im Energiesektor, d. h. Abgaben, Umlagen und Steuern auf Energie, grundlegend zu reformieren sowie umwelt- und klimaschädliche Subventionen abzubauen.²² Die Expertenkommission befürwortet dieses Vorhaben und mahnt eine zügige Umsetzung an. Da die Prüfung der Klimaschädlichkeit von Subventionen im Einzelfall allerdings aufwendig sein kann und das Ergebnis nicht immer eindeutig ausfallen muss,²³ spricht sich die Expertenkommission dafür aus, das Subventionsniveau generell zu senken.

Mit Carbon Contracts for Difference neue Anreizinstrumente testen

In seinem Pilotprogramm Carbon Contracts for Difference (CCfD)²⁴ plant das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV, in der vorangegangenen Legislaturperiode Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit – BMU)²⁵ die Erprobung eines Instruments zur Förderung grundsätzlich ausgereifter Technologien, deren Markteinführung sich beim herrschenden CO₂-Preisniveau

nicht lohnt.²⁶ Durch CCfD²⁷ werden Differenzen zwischen den CO₂-Vermeidungskosten und dem jeweils aktuellen Marktpreis für Emissionszertifikate bis zu einer vereinbarten Höhe ausgeglichen. Hierdurch können zusätzliche Investitions- und Innovationsanreize gesetzt werden.²⁸

Die Expertenkommission bewertet dieses Instrument ambivalent. Einerseits begrüßt sie grundsätzlich das Testen neuartiger Anreizmechanismen wie CCfD innerhalb von Reallaboren. Insbesondere befürwortet sie den dabei vorgesehenen Einsatz von Bieterverfahren, um so die effizientesten Unternehmen und Technologien zu fördern. Gleichzeitig gibt sie zu bedenken, dass es sich bei CCfD ebenfalls um eine neue Form von Subvention handelt, die eine Reihe von Problemen nach sich zieht. So unterliegt sie zum einen grundsätzlich dem Beihilferecht.²⁹ Zum anderen kann das Instrument dazu führen, dass wettbewerbsfähige nachhaltige Technologien von Unternehmen zurückgehalten werden, um diese dann über CCfD anzubieten. Zudem muss geklärt werden, wie die Ausgangsemissionsniveaus festgelegt werden sollen, deren Unterschreitung dann als Emissionsreduktion im Sinne der CCfD zählt. Weiterhin sieht der Richtlinienentwurf die Förderung bestimmter Technologien vor und ist somit nicht technologieoffen gestaltet. Schließlich enthält der Entwurf eine Reihe von komplexen Regeln und Bedingungen, deren Praktikabilität fraglich ist. Die Expertenkommission empfiehlt daher, das Instrument innerhalb eines begrenzten Zeit- und Technologierahmens zu testen und zu evaluieren. Grundsätzlich hält die Expertenkommission die Einführung von CO₂-Mindestpreisen für das wesentlich praktikablere, weniger verzerrende und besser implementierbare Instrument.

Langfriststrategien für Negativemissionen entwickeln

Um das zu erwartende Überschreiten des 1,5-Grad-Ziels zu begrenzen,³⁰ müssen netto-negative CO₂-Emissionspfade realisiert werden. Deshalb ist es notwendig, neben den Anreizen zur Vermeidung von Emissionen auch Maßnahmen zur Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und zu dessen sicherer Lagerung in geologischen Formationen oder in der Tiefsee, sogenannte Negativemissionen, zu implementieren. Die Expertenkommission begrüßt die Pläne der Regierungsparteien, eine Langfriststrategie zu Negativemissionen zu erarbeiten.³¹ Bei

verschiedenen terrestrischen und marinen Ansätzen zur Erhöhung der natürlichen atmosphärischen CO₂-Entnahme als auch bei Ansätzen zur technischen CO₂-Entnahme, dem sogenannten Direct Air Capture, besteht noch ein erheblicher FuE-Bedarf im Hinblick auf Implementierung und Skalierung. Diesem Bedarf sollte durch öffentliche Förderung Rechnung getragen werden. Perspektivisch sollten, um die Diffusion der Negativemissionstechnologien zu fördern, bei verlässlicher Verifizierung, Negativemissionen und Einsparungen von CO₂ im EU ETS gleichbehandelt werden.³²

Klimaklubs gründen

Inländische emissionsarme Technologien befinden sich in einem internationalen Wettbewerb mit preisgünstigeren emissionsintensiven Technologien. Eine CO₂-Bepreisung liefert zwar Investitions- und Innovationsanreize für emissionsarme Technologien im Inland, birgt aber gleichzeitig die Gefahr, dass sich emissionsintensive Produktionsprozesse ins Ausland verlagern und entsprechend emissionsintensive Produkte aus dem Ausland importiert werden. Die Gründung eines internationalen Klimaklubs mit einem einheitlichen CO₂-Mindestpreis sorgt für gleiche Wettbewerbsbedingungen innerhalb des Klubs. Mit einem gemeinsamen CO₂-Grenzausgleichsmechanismus werden emissionsarme Technologien innerhalb des Klubs vor dem Wettbewerb mit preisgünstigeren emissionsintensiven Technologien von außerhalb geschützt.³³ Um internationale Unterschiede in der CO₂-Bepreisung auszugleichen, wird eine am CO₂-Fußabdruck von Importen orientierte Abgabe auf importierte Güter erhoben. Diese Maßnahmen können Anreize für die Entwicklung emissionsarmer Technologien sowohl innerhalb als auch außerhalb des Klimaklubs schaffen. Die Expertenkommission unterstützt daher mit Nachdruck die Absicht der Regierungsparteien, zusammen mit den europäischen Partnern eine Initiative zur Gründung eines für alle Staaten offenen internationalen Klimaklubs mit einem einheitlichen CO₂-Mindestpreis und einem gemeinsamen CO₂-Grenzausgleich zu starten.³⁴

A 2 Technologische Rückstände aufholen und vermeiden

Um die im transformativen Wandel neu entstehenden Wertschöpfungspotenziale umfänglich nutzen zu können, muss sich Deutschland als Innovationsstandort behaupten. Bei der Entwicklung radikal neuer Technologien sowie deren Anwendung weist Deutschland allerdings im internationalen Vergleich Rückstände auf.³⁵ Asiatische Länder treten neben den USA zunehmend als Anbieter derartiger Technologien auf. Insbesondere China hat bei der Leistungsfähigkeit seines F&I-Systems in den letzten Jahren international aufgeschlossen und arbeitet aktiv daran, eine führende Rolle bei wichtigen Zukunftstechnologien zu übernehmen und zum weltweit führenden Innovationsstandort aufzusteigen.

Um im globalen Wettbewerb eine starke Position einzunehmen und technologische Souveränität zu bewahren, ist es für Deutschland nicht nur notwendig, bestehende technologische Rückstände aufzuholen, sondern auch, in Zukunftstechnologien international führend zu werden. Dafür sollte Deutschland seine Leistungsfähigkeit sowie Attraktivität als Innovationsstandort auch im Konzert mit den anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) weiterentwickeln und seine ambitionierten F&I-politischen Ziele arbeitsteilig voranbringen. Darüber hinaus sollten Innovationspartnerschaften auf globaler Ebene vorangetrieben werden.

Monitoring und Beratungsgremium für Schlüsseltechnologien etablieren

Schlüsseltechnologien zeichnen sich dadurch aus (vgl. Kapitel B 1), dass sie Innovationsaktivitäten in einer Vielzahl anderer Technologien und Industrien erst ermöglichen, unterstützen und befördern. Sie entfalten eine überdurchschnittliche Breitenwirksamkeit im Hinblick auf Technologien und Industrien und leisten damit einen entscheidenden Beitrag zur Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Schlüsseltechnologien lassen sich derzeit in den Produktionstechnologien, den Materialtechnologien, den Bio- und Lebenswissenschaften sowie

den Digitalen Technologien identifizieren. Während Deutschland Stärken in den Produktionstechnologien sowie den Bio- und Lebenswissenschaften aufweist, zeigt es in der Entwicklung von Digitalen Technologien erhebliche Schwächen. Es besteht die Gefahr, den Anschluss in diesem immer bedeutsamer werdenden Technologiebereich zu verlieren, der auch zunehmend in andere Schlüsseltechnologiebereiche wie die Produktionstechnologien hineinwirkt. Deutschland ist insbesondere im Bereich der Digitalen Technologien von Importen aus China abhängig (vgl. Kapitel B 1). Die Expertenkommission begrüßt daher die Pläne der Regierungsparteien, die Entwicklung digitaler Schlüsseltechnologien gezielt voranzutreiben.³⁶

Um Schlüsseltechnologien gezielt fördern zu können, ist es notwendig, diese kontinuierlich mittels Foresight- und Monitoring-Maßnahmen zu identifizieren und ihre Entwicklung zu verfolgen. Die Expertenkommission sieht die Gefahr, dass bestimmte Wirtschaftszweige aus Partikularinteressen heraus zu Schlüsseltechnologien erklärt werden. So beabsichtigen die Regierungsparteien, den Marine-Unter- und Überwasserschiffsbau zur Schlüsseltechnologie zu erklären,³⁷ obwohl dieser sämtliche Kriterien für eine Schlüsseltechnologie verfehlt.

Damit die komplexe Aufgabe der Identifikation von Schlüsseltechnologien nicht durch durchsetzungsstarke Einzelinteressen bestimmt wird, sollte eine unabhängige Beobachtungseinheit beauftragt werden, die aus mehreren einschlägigen und möglichst europäischen Forschungseinrichtungen besteht. Die Expertenkommission spricht sich zudem dafür aus, ein unabhängiges strategisches Beratungsgremium einzurichten, das mit der Auswertung der Ergebnisse betraut wird. Dieses Beratungsgremium sollte kontinuierlich ein Schlüsseltechnologieportfolio aktualisieren und für die Bundesregierung Handlungsempfehlungen für den Umgang mit ausgewählten Schlüsseltechnologien erarbeiten.

Digitale Zukunftstechnologien weiter fördern

In der Vergangenheit hat die Bundesregierung bereits die Bedeutung verschiedener digitaler Zukunftstechnologien erkannt und begonnen, diese durch Strategien oder Rahmenprogramme zu fördern.

So hat die damalige Bundesregierung im November 2018 eine Strategie zur Förderung der künstlichen Intelligenz (KI-Strategie) verabschiedet und im Dezember 2020 fortgeschrieben.³⁸ Hierfür wurden bis 2025, inklusive der Mittel aus dem Konjunktur- und Zukunftspaket, fünf Milliarden Euro bereitgestellt. Mit Stand 31. August 2021 wurden knapp 3,5 Milliarden Euro in die Etats der Bundesministerien aufgenommen, davon jedoch erst weniger als 10 Prozent verausgabt.³⁹ Während im Sondierungspapier der Koalitionsparteien von einer neu aufzusetzenden KI-Strategie gesprochen wurde,⁴⁰ gibt der Koalitionsvertrag diesbezüglich keine detaillierte Richtung vor. Die Expertenkommission regt an, dass die Bundesregierung die KI-Strategie zügig weiter forciert und Konzepte entwickelt, um die Mittel zielführend einzusetzen.⁴¹

Ein weiteres Beispiel ist das Rahmenprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“, das 2018 durch die damalige Bundesregierung verabschiedet wurde.⁴² Mit Mitteln aus dem Konjunktur- und Zukunftspaket stehen bis 2025 insgesamt rund zwei Milliarden Euro für die Förderung bereit.⁴³ Die Expertenkommission bewertet es positiv, dass eine Roadmap Quantencomputing durch einen Expertenrat⁴⁴ entwickelt wurde und bereits Quantencomputer⁴⁵ an verschiedenen Standorten in Deutschland im Aufbau begriffen sind. Sie begrüßt ebenfalls, dass sich die Regierungsparteien im Koalitionsvertrag zur Förderung der Quantentechnologie bekennen.⁴⁶ Die Expertenkommission erwartet von der Bundesregierung, dass sie das Rahmenprogramm für Quantentechnologien über 2025 hinaus weiterentwickelt und finanziell auskömmlich ausstattet.

Ausbau der digitalen Infrastruktur weiter forcieren

Mit voranschreitender Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft wächst der Bedarf an digitaler Infrastruktur. Diese befördert Innovationen

und hat somit einen starken Einfluss auf die Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Im Juni 2021 verfügten 62,1 Prozent der Haushalte in Deutschland über einen Breitbandnetzanschluss, der Übertragungsraten von mindestens 1 Gbit/s ermöglicht.⁴⁷ Der Anteil war im städtischen Raum mit 78,4 Prozent aller Haushalte deutlich höher als im halbstädtischen Raum und im ländlichen Raum, wo er 47,1 bzw. 22,9 Prozent betrug.⁴⁸ Der Digitalisierungsindex 2021 zeigt, dass es trotz der Coronapandemie für die Unternehmen keinen Digitalisierungsschub auf allen Ebenen gegeben hat.⁴⁹

Da die Digitalisierung in alle Lebensbereiche – z. B. Smarthome, autonomes Fahren (vgl. Kapitel B 2), Gesundheit (vgl. Kapitel B 4) – Einzug hält, ist eine Versorgung mit schnellem Internet nicht nur in Ballungszentren, sondern auch im ländlichen Raum wichtig. Die Expertenkommission begrüßt daher, dass im Koalitionsvertrag ein ganzes Bündel potenziell zielführender Instrumente benannt wird, um den Ausbau von Glasfasernetzen und von Netzen für den neuesten Mobilfunkstandard zu beschleunigen.⁵⁰

E-Government vorantreiben

Bis Ende 2022 müssen gemäß Onlinezugangsgesetz (OZG) 575 öffentliche Verwaltungsleistungen deutschlandweit elektronisch angeboten werden.⁵¹ Mit Stand 30. September 2021 sind erst 84 dieser Verwaltungsleistungen digitalisiert und in jeder Gemeinde online zugänglich gemacht worden.⁵² Der Normenkontrollrat hat festgestellt, dass das Ziel, alle Verwaltungsleistungen bis Ende 2022 online verfügbar zu machen, nicht mehr erreichbar ist.⁵³ Die Expertenkommission begrüßt daher,⁵⁴ dass die neuen Regierungsparteien klare Verantwortlichkeiten benennen und mit einem zentralen Budget die Umsetzung des OZG und die Standardisierung von Strukturen und Prozessen endlich vorantreiben.⁵⁵

Leistungsfähige Cloud-Infrastruktur zügig schaffen

Eine funktionierende und zuverlässige Cloud-Infrastruktur ist eine der Grundvoraussetzungen für das Gelingen der Digitalisierung der Bundesverwaltung. Die Expertenkommission begrüßt daher grundsätzlich die Pläne der Regierungsparteien zur Be-

schleunigung des Ausbaus der bestehenden Cloud-Infrastruktur⁵⁶ hin zu einer Multi-Cloud-Lösung.⁵⁷ Hierbei werden auch Konzepte mit Lösungen von etablierten Cloud-Anbietern erstellt.⁵⁸ Die Expertenkommission merkt jedoch an, dass trotz der Notwendigkeit einer raschen Lösung auch Open-Source-Lösungen weiterhin verfolgt werden sollten.

Cybersicherheit stärken

Die Bedrohungslage durch Cyber-Kriminelle hat sich im Verlauf des letzten Jahres laut Einschätzung des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) verschärft.⁵⁹ Jüngste Cyberangriffe bzw. Sicherheitslücken, z. B. die im Dezember 2021 bekannt gewordene kritische Schwachstelle Log4Shell in einigen Java-Applikationen,⁶⁰ haben gezeigt, dass diese die Souveränität und Handlungsfähigkeit von Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft einschränken können.⁶¹ Die Expertenkommission begrüßt es daher, dass die Regierungsparteien planen, die Cybersicherheit im Rahmen einer Cybersicherheitsstrategie in den Fokus zu nehmen.⁶² Um die Fähigkeiten und das Fachwissen zu bündeln, regt die Expertenkommission an, dass die Agentur für Innovation in der Cybersicherheit miteinbezogen wird und mit dem BSI zusammenarbeitet. Gleichzeitig kritisiert die Expertenkommission, dass der Koalitionsvertrag keine Aussage zur Weiterentwicklung dieser immens wichtigen Agentur beinhaltet.⁶³

Förderung der Halbleiterindustrie fokussieren

Halbleiter oder Mikrochips sind aus Elektronikprodukten und somit auch aus Automobilen nicht mehr wegzudenken. Der derzeitige Chipmangel verdeutlicht die Relevanz dieses Technologiebereichs. Er führt beispielsweise dazu, dass Automobilhersteller ihre Produktion drosseln müssen und Elektrohaushaltsgeräte nicht lieferbar sind.⁶⁴

Die Produktion von Halbleitern ist ein komplexer und derzeit durch internationale Arbeitsteilung geprägter Prozess. Einzelne Länder sind auf bestimmte Technologien wie Speicherchips oder Prozessoren sowie auf bestimmte Fertigungsschritte wie Design oder Herstellung spezialisiert.⁶⁵ Die Koalitionsparteien planen die Förderung der Halbleiterindustrie in Deutschland entlang der gesamten Wertschöpfungskette.⁶⁶ Die Expertenkommission

gibt zu bedenken, dass die Förderung sich auf ausgewählte Teilbereiche fokussieren sollte, in denen Wettbewerbsvorteile gemeinsam mit der EU erreicht werden können. Zudem sollte die Förderung katalytisch, also nicht dauerhaft, angelegt werden. Die Expertenkommission begrüßt, dass sich die Bundesregierung auf europäischer Ebene bei dem Important Project of Common European Interest Mikroelektronik und Kommunikationstechnologien verstärkt engagieren möchte.⁶⁷

Innovations- und Wertschöpfungspotenziale von Daten nutzen

Hochwertige Forschungsdaten sind eine zentrale Grundlage für neue Erkenntnisse sowie Innovationen. Die Expertenkommission begrüßt daher, dass die Koalitionsparteien mit einem Forschungsdatengesetz den Zugang zu Daten für die Forschung verbessern sowie vereinfachen wollen und die Nationale Forschungsdateninfrastruktur weiterentwickeln und auch einen europäischen Forschungsdatenraum vorantreiben möchten.⁶⁸ Weil die Innovations- und Wertschöpfungspotenziale von Gesundheitsdaten besonders hoch sind, ist es geboten, die Nutzung dieser Daten für die Wissenschaft zu erleichtern (vgl. Kapitel B 4). Die Expertenkommission hält daher das im Koalitionsvertrag angekündigte Gesundheitsdatennutzungsgesetz⁶⁹ für sinnvoll, das der hohen Sensibilität von Gesundheitsdaten Rechnung trägt. Die geplante dezentrale Forschungsdateninfrastruktur kann dazu beitragen, den Zugriff und die damit verbundenen Nutzungsmöglichkeiten zu verbessern.

Die im Koalitionsvertrag geplante Einrichtung eines Dateninstituts, das Datenverfügbarkeit und -standardisierung vorantreiben sowie Datentreuhändermodelle und Lizenzen etablieren soll,⁷⁰ kann die Realisierung von Innovations- und Wertschöpfungspotenzialen unterstützen. Die Expertenkommission weist jedoch darauf hin, dass es bereits bestehende Kompetenzen in Forschungsdatenzentren gibt, die einen Teil dieser Aufgaben derzeit erfüllen. Es sollten daher enge Abstimmungen erfolgen, um Parallelstrukturen zu vermeiden und Kompetenzen zu bündeln.

A 3 Fachkräftebasis durch Bildung und Qualifizierung stärken

Der Anteil der Unternehmen, deren Geschäftstätigkeit durch Fachkräftemangel behindert wird, ist 2021 in allen Bereichen der deutschen Wirtschaft wieder kräftig gestiegen. Vor allem für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in der Industrie sind fehlende Fachkräfte eine Belastung. Große Fachkräftengpässe treten im Bereich der MINT-Berufe auf.⁷¹ In vielen für die Umsetzung von mehr Klimaschutz relevanten Berufen kann der absehbare Bedarf an Fachkräften, auch im Handwerk, durch den aktuell ausgebildeten Nachwuchs nicht gedeckt werden.⁷² Damit Deutschland die zur Bewältigung der laufenden Transformationen und großen Zukunftsaufgaben erforderlichen Innovationen und Produktivitätsgewinne realisieren kann, sollte die Stärkung der Fachkräftebasis forciert werden. Für eine gute Versorgung mit geeignet qualifizierten Arbeitskräften müssen Schulen und Hochschulen ebenso wie die berufliche Aus- und Weiterbildung leistungsfähiger, bedarfsgerechter und sozial durchlässiger werden.

MINT-Kompetenzen an Schulen besser vermitteln

Zentrale Kompetenzen für die Bewältigung des transformativen Wandels müssen bereits in der Schule entwickelt werden. Die Expertenkommission beobachtet daher mit großer Sorge die Ergebnisse von Schulleistungsstudien, wonach die mathematischen und naturwissenschaftlichen Leistungen von Schülerinnen und Schülern seit 2012 kontinuierlich gesunken sind. Jeder fünfte Jugendliche erreicht nicht das Niveau an MINT-Kompetenzen, das für den weiteren Ausbildungsweg in der Schule oder im Beruf als tragfähige Basis angesehen werden kann.⁷³ Was die Digitalisierung betrifft, konnten durch zusätzliche finanzielle Mittel des Bundes in letzter Zeit zwar Verbesserungen bei der Infrastruktur erreicht werden. Vielen Schulen mangelt es aber an IT-Personal⁷⁴ zur Sicherstellung der Administration und Unterstützung der Lehrkräfte.⁷⁵ Zudem sind viele Lehrkräfte für den Einsatz digitaler Mittel im Unterricht noch nicht hinreichend qualifiziert.⁷⁶

Die Expertenkommission befürwortet daher den Plan der Regierungsparteien, einen Bildungsgipfel einzuberufen,⁷⁷ um im bestehenden verfassungsrechtlichen Rahmen eine auf ambitionierte Bildungsziele ausgerichtete Kooperation mit Ländern und Kommunen zu erreichen. Da digitale Kompetenzen eine Schlüsselqualifikation zur Bewältigung der anstehenden gesellschaftlichen Herausforderungen sind, unterstützt sie auch das Vorhaben, den DigitalPakt Schule bis 2030 fortzuführen⁷⁸ und darüber die digitale Ausstattung der Schulen nachhaltig zu verbessern. Die Bereitstellung digitaler Lernmittel muss allerdings durch innovative Konzepte zur Vermittlung und hinreichende personelle Kapazitäten abgesichert werden. Dies gilt auch für die geplante zusätzliche Ausstattung von Schulen in benachteiligten Quartieren über ein Startchancenprogramm,⁷⁹ das aus Sicht der Expertenkommission einen wichtigen Beitrag leisten könnte, die Talente von Kindern und Jugendlichen mit ungünstigen Startbedingungen zu entwickeln. Zur Verbesserung der MINT-Kompetenzen empfiehlt die Expertenkommission, Lerninhalte und Lehrmethoden auf den Prüfstand zu stellen, drohende Engpässe bei der Lehrkräfteversorgung in den MINT-Fächern aktiver zu bekämpfen und das Schulfach Informatik auszubauen.

Qualität der Hochschullehre absichern

Eine hochwertige Hochschulausbildung ist für Forschung und Innovation von unmittelbarer Bedeutung. Mit dem „Zukunftsvertrag Studium und Lehre“ stellen Bund und Länder seit 2020 substanzielle Mittel bereit, um die Studienbedingungen und die Lehrqualität an allen Hochschulen zu verbessern. Die Expertenkommission begrüßt die im Koalitionsvertrag vorgesehene Dynamisierung dieser Mittel.⁸⁰ Dies gibt, sofern die Länder mitziehen, notwendige Planungssicherheit.

Die Expertenkommission begrüßt auch das angekündigte Bundesprogramm „Digitale Hochschule“,⁸¹ um Konzepte für den Ausbau innovati-

ver Lehre, Qualifizierungsmaßnahmen, digitale Infrastrukturen und Cybersicherheit zu fördern. Wettbewerblich vergebene Projektmittel schaffen Innovationsanreize. Darüber hinaus fordert die Expertenkommission jedoch erneut,⁸² dass Bund und Länder eine ebenfalls zu dynamisierende, jährliche Digitalisierungspauschale von 92 Euro je Studentin bzw. Student bereitstellen, um weiterhin bestehende Defizite bei den Bedingungen für die digitale Lehre dauerhaft und flächendeckend zu verbessern.

Duales Ausbildungssystem attraktiver machen

Die duale Ausbildung im betrieblichen Kontext trägt wesentlich zur hohen Arbeitsproduktivität in Deutschland bei und erleichtert es Beschäftigten wie Arbeitgebern, Innovationen umzusetzen und transformative Veränderungen zu bewältigen. Das berufliche Ausbildungssystem ist jedoch einem Wandel ausgesetzt, den die Coronakrise möglicherweise beschleunigt hat. 2021 wurden fast 10 Prozent weniger Ausbildungsverträge neu abgeschlossen als noch 2019. Dazu hat ein kräftiger Einbruch bei den – seit Langem im Trend rückläufigen – Bewerbungszahlen beigetragen.⁸³

Die Expertenkommission rät der neuen Bundesregierung, die betriebliche Berufsausbildung sowohl von der Angebots- als auch von der Nachfrageseite her attraktiver zu machen und so zu stabilisieren. Angebotsseitig sollte das 2020 für Betriebe gestartete Förderprogramm „Ausbildungsplätze sichern“ angesichts der weiterhin bestehenden besonderen wirtschaftlichen Unsicherheit befristet fortgeführt werden. Nachfrageseitig sollten Maßnahmen zur Berufsorientierung und Berufsberatung verstärkt werden, um das Interesse vor allem an den für die zur Bewältigung transformativer Prozesse relevanten Ausbildungsberufen zu stärken. Die Bundesregierung sollte auch darauf hinwirken, dass alle Ausbildungsordnungen an die Digitalisierung angepasst werden. Beratung und Hilfen zur Umsetzung einer digitalisierungsgerechten Ausbildungsgestaltung sollten insbesondere für KMU ausgebaut werden, etwa durch eine verstärkte Unterstützung von Ausbildungsverbänden.⁸⁴ Die Expertenkommission befürwortet den angekündigten Pakt zur Stärkung und Modernisierung der berufsbildenden Schulen.⁸⁵ Dieser muss jedoch mit ausreichend Mitteln ausgestattet werden, die vor allem für die Digitalisierung

der Berufsschulen und die Qualifizierung der dort Lehrenden zur Vermittlung zunehmend komplexer Inhalte und Fähigkeiten eingesetzt werden sollten.

Berufliche Anpassungsfähigkeit durch Weiterbildung stärken

Transformative Veränderungsprozesse erhöhen die Anforderungen an die berufliche Anpassungsfähigkeit und damit auch an die berufliche Weiterbildung. Die Möglichkeiten zur Förderung von Arbeitgebern, die Beschäftigte mit durch neue Technologien ersetzbaren Tätigkeiten oder durch Strukturwandel betroffene Beschäftigte weiterzubilden, wurden in den vergangenen Jahren deutlich erweitert.⁸⁶ Dennoch hat sich der Trend zu mehr geförderten Weiterbildungsmaßnahmen bisher nicht erkennbar verstärkt.⁸⁷ Die Expertenkommission empfiehlt daher, die im Rahmen der Arbeitsförderung bestehenden Möglichkeiten bekannter zu machen sowie die Fördervoraussetzungen einfacher und flexibler zu gestalten. Versuchsweise sollten die Zuschüsse an die Arbeitgeber zum Ausgleich der Weiterbildungskosten – bei Wahrung einer angemessenen Eigenbeteiligung der Unternehmen – erhöht und die Effekte dieser Maßnahme evaluiert werden.

Das von den Regierungsparteien geplante Qualifizierungsgeld⁸⁸ sieht die Expertenkommission dagegen kritisch. Dieses neue Instrument soll es Unternehmen im Strukturwandel ermöglichen, ihre Beschäftigten durch Qualifizierung im Betrieb zu halten. Es macht jedoch das System der Weiterbildungsförderung durch die Bundesagentur für Arbeit (BA) noch komplexer, ist durch die Bindung an eine Betriebsvereinbarung voraussetzungsvoll und kann die zur Bewältigung von Strukturwandel notwendige Mobilität von Arbeitskräften hemmen. In diesem Zusammenhang wiederholt die Expertenkommission ihre Forderung aus dem Jahresgutachten 2021, präventive Brückenlösungen, d. h. vorausschauende Anpassungsqualifizierungen von Beschäftigten, bei denen eine Weiterbeschäftigung beim bisherigen Arbeitgeber absehbar nicht möglich ist, zu stärken.⁸⁹ Dafür ist die Kooperation aller relevanten Stakeholder vor Ort unter Beteiligung der BA notwendig. Die Expertenkommission sieht daher den von den Regierungsparteien geplanten Aufbau von Weiterbildungsverbänden sowie Weiterbildungsagenturen⁹⁰ positiv und empfiehlt in diesem Rahmen, Lösungen, die sowohl das abgebende als auch das aufnehmende Unternehmen angemessen

sen finanziell beteiligen, regional zu erproben und zu evaluieren.⁹¹

Zur besseren Abfederung des Strukturwandels sollte auch die Weiterbildungsförderung von Beschäftigten, die sich unabhängig vom Arbeitgeber um eine berufliche Weiterbildung bemühen, ausgebaut werden. Dafür sind insbesondere angemessene finanzielle Zuschüsse zur Absicherung des Lebensunterhalts während der Weiterbildung sinnvoll. Das von den Regierungsparteien angekündigte Lebenschancen-BAföG⁹² zur Förderung der selbstbestimmten Weiterbildung⁹³ ist nach Ansicht der Expertenkommission für diesen Zweck ungeeignet, da es

nicht an die Voraussetzungen geknüpft ist, dass die damit finanzierte Weiterbildung am Arbeitsmarkt verwertbar ist und so zur Verbesserung der individuellen Beschäftigungschancen beiträgt.

Angesichts der Notwendigkeit verstärkten lebenslangen Lernens begrüßt die Expertenkommission die Ankündigung der Regierungsparteien, die Nationale Weiterbildungsstrategie fortzusetzen.⁹⁴ Der angekündigte neue Fokus auf die allgemeine Weiterbildung darf allerdings nicht dazu führen, dass die zur Bewältigung von transformativem Wandel zentrale berufliche Weiterbildung ins Hintertreffen gerät.

A 4 Innovationsbeteiligung erhöhen

Damit es gelingen kann, die großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu bewältigen und dabei die neuen, mit den Transformationen verbundenen Innovationspotenziale zu erschließen, bedarf es Innovationsaktivitäten auf breiterer Ebene. In den letzten Jahren zeigten sich ein rückläufiger Trend bei den Innovatorenquoten und ein wenig dynamisches Gründungsgeschehen in der Wissenswirtschaft. Um diesen Trends entgegenzuwirken, sollte die neue Bundesregierung die Bedingungen für die Beteiligung an F&I-Aktivitäten mithilfe maßgeschneiderter Fördermaßnahmen verbessern. Die F&I-Politik sollte einen breiten Kreis von Akteuren ansprechen. Klassisch ist hier an Start-ups und akademische Ausgründungen sowie an KMU zu denken. Aber auch nicht-FuE-betreibende Unternehmen, wie sie insbesondere für strukturbenachteiligte Regionen charakteristisch sind, und sogenannte Sozialunternehmen, die sich sozialer und ökologischer Probleme mit unternehmerischen Mitteln annehmen, sind verstärkt in den Blick zu nehmen.

Bedingungen für Start-ups verbessern

Junge Unternehmen mit hohem Wachstumspotenzial, sogenannte Start-ups, nehmen eine wichtige

Rolle im Innovationssystem ein.⁹⁵ Die Expertenkommission begrüßt die Absicht der Regierungsparteien, eine umfassende Start-up-Strategie zu verabschieden und Deutschland zu einem führenden Start-up-Standort zu entwickeln.⁹⁶ Die Überlegungen, die Start-up-Bedingungen ganz generell zu verbessern, etwa durch Entlastungen bei bürokratischen Prozessen sowie durch die Einrichtung flächendeckender „One Stop Shops“ für Gründungsberatung, -förderung und -anmeldung,⁹⁷ stellen erste begrüßenswerte Schritte in die gewünschte Richtung dar.

Ein auskömmlich ausgestatteter Wagniskapitalmarkt schafft gute Finanzierungsbedingungen für die Gründung und erfolgreiche Entwicklung von Technologieunternehmen. Die Regierungsparteien haben angekündigt, den 2021 von der Vorgängerregierung gestarteten Zukunftsfonds weiterzuentwickeln.⁹⁸ Mit der modularen Erweiterung um einen Wachstumsfonds und damit der Öffnung für institutionelle Investoren kommen sie früheren Empfehlungen der Expertenkommission nach.⁹⁹ Mit Blick auf weitere modulare Erweiterungen spricht sich die Expertenkommission dafür aus, auch ein Modul für Impact Investing zu entwickeln, bei dem neben dem Ziel der Renditeerzielung auch langfristig messbare soziale, umwelt- und klimabezogene

Ziele verfolgt werden.¹⁰⁰ Das Ziel der Regierungsparteien, im Digitalsektor den Anteil an Gründerinnen zu erhöhen,¹⁰¹ unterstützt die Expertenkommission. Sie schlägt vor, mit Mitteln des Zukunftsfonds ein Wagniskapital-Modul speziell für Gründerinnen zu entwickeln und daneben Stipendienmittel im EXIST-Programm vorzusehen.

Positiv zu sehen sind die geplante Erleichterung von Börsengängen insbesondere von Wachstumsunternehmen und KMU sowie die Verbesserung der Bedingungen für Mitarbeiterbeteiligungen bei Start-ups.¹⁰²

Im Koalitionsvertrag erfahren Ausgründungen aus der Wissenschaft eine besondere Beachtung. Die Ausgründungskultur an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen soll gestärkt und der dazu benötigte Kulturwandel durch Science-Entrepreneurship-Initiativen begleitet werden.¹⁰³ Bei der Entwicklung der entsprechenden Maßnahmen sollten Evaluationsergebnisse berücksichtigt werden.¹⁰⁴ Des Weiteren sieht der Koalitionsvertrag vor, Hochschulen Mittel zur Schaffung einer Gründungsinfrastruktur für technologisches sowie soziales Unternehmertum bereitzustellen.¹⁰⁵ Die Expertenkommission sieht es als essenziell an, die an Hochschulen in der Regel bereits existierende Gründungs- bzw. Transferinfrastruktur erheblich zu professionalisieren, sie strukturell um Maker-Spaces und ähnliche Formate zu ergänzen sowie dort implementierte Prozesse zu entbürokratisieren.

F&I-Förderung potenzialorientiert ausrichten

Der Koalitionsvertrag sieht vor, dass alle Bundesförderprogramme regelmäßig auf ihre räumliche Wirkung überprüft werden und die Ergebnisse in einem periodischen Gleichwertigkeitsbericht veröffentlicht werden.¹⁰⁶ Das Monitoring ist als verbindliche Grundlage für die Weiterentwicklung aller Förderprogramme vorgesehen. Die Expertenkommission sieht die Gefahr, dass durch diese Vorgehensweise F&I-politische und strukturpolitische Ziele vermischt werden. Um das zu vermeiden, ist aus ihrer Sicht ein differenziertes, potenzialorientiertes Vorgehen geboten.¹⁰⁷

Nach Auffassung der Expertenkommission muss der Fokus der F&I-Politik auch weiterhin auf der Förderung exzellenter Innovationsprojekte liegen,

auch wenn davon nicht alle Regionen gleichermaßen profitieren werden.

Im Zuge des transformativen Wandels werden sich neue regionale Innovationsökosysteme herausbilden, über die sich Entwicklungschancen für strukturschwache Regionen ergeben können. Eine Förderung derartiger regionaler Innovationsökosysteme, wie sie derzeit etwa im Rahmen der Programmfamilie „Innovation und Strukturwandel“ betrieben wird,¹⁰⁸ erachtet die Expertenkommission dann für sinnvoll, wenn bei diesen Förderformaten nach Exzellenzkriterien ausgewählt wird.

In der Absicht der Regierungsparteien, den Ausbau und die Ansiedlung von außeruniversitären Einrichtungen prioritär in den Regionen zu unterstützen, die derzeit unterausgestattet sind,¹⁰⁹ sieht die Expertenkommission die Gefahr, dass nicht nach thematischer Passfähigkeit entschieden wird. Sie spricht sich daher dafür aus, Standortentscheidungen auf Basis der in den Regionen vorhandenen Potenziale und sich bereits entwickelnden thematischen Stärken – im Sinne des Smart-Specialisation-Ansatzes¹¹⁰ – zu treffen.

Die im Koalitionsvertrag angekündigte Aufstockung der Mittel bei der Gemeinschaftsaufgabe Regionale Wirtschaftsentwicklung für Innovationsförderung, Digitalisierung, betriebliche Produktivitätsziele, Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung¹¹¹ trägt der im Jahresgutachten 2020 geäußerten Forderung der Expertenkommission Rechnung, die Strukturpolitik noch stärker als bisher innovationsorientiert auszurichten.¹¹²

Verzerrungen im Innovationswettbewerb vermeiden

Die Regierungsparteien haben den Willen bekundet, Innovationsregionen nach britischem Vorbild zu etablieren,¹¹³ indem an einzelnen Standorten privilegierte Rahmenbedingungen für F&I-Aktivitäten, wie etwa Steuervergünstigungen, geschaffen werden. Die Expertenkommission steht dieser Überlegung sehr kritisch gegenüber, weil damit schwerwiegende Verzerrungen im Innovationswettbewerb entstehen. Das Ziel sollte vielmehr sein, dass in allen Regionen attraktive Rahmenbedingungen für F&I-Aktivitäten herrschen. Die Entstehung von Leuchttürmen kann durch die Förderung von Clustern – wie dies derzeit im Rahmen

der Zukunftscluster-Initiative¹¹⁴ erfolgt – unterstützt werden.

Öffentliche Beschaffung innovationsorientiert gestalten

Die öffentliche Beschaffung kann angesichts des beträchtlichen Beschaffungsvolumens wichtige Impulse für Innovationsaktivitäten und -beteiligung setzen. Die Regierungsparteien haben vereinbart, die

öffentliche Beschaffung und Vergabe wirtschaftlich, sozial, ökologisch und innovativ auszurichten.¹¹⁵ Die Expertenkommission spricht sich erneut dafür aus, die Vergabep Praxis stärker innovationsorientiert auszugestalten und dafür eine „Priorität für das innovative Angebot“ als Vergabekriterium zu etablieren. Ein solches Kriterium sollte allerdings eine sorgfältige Abwägung der zu erwartenden positiven Innovationswirkungen gegenüber den eventuellen Mehrkosten der Beschaffung beinhalten.

A 5 Agile Governance-Strukturen entwickeln

Die Expertenkommission hat in ihrem Jahresgutachten 2021 nachdrücklich darauf hingewiesen, dass die im Zusammenhang mit dem anstehenden transformativen Wandel verbundenen F&I-politischen Aufgaben und Missionen agiles Politikhandeln erfordern.¹¹⁶ Die Bundesregierung wurde aufgefordert, entsprechende Governance-Strukturen für die Ministerien und Verwaltungen zu entwickeln, auf deren Basis nicht nur schnell und flexibel gehandelt wird, sondern langfristige Entscheidungen auch proaktiv vorbereitet, relevante Akteure frühzeitig eingebunden und eingesetzte Maßnahmen sowie Strukturen kontinuierlich überprüft und ggf. angepasst werden. In diesem Zusammenhang sind während des Bundestagswahlkampfes vereinzelte Maßnahmen, insbesondere Agenturkonzepte, diskutiert und vorgeschlagen worden. Die Expertenkommission hat sich dazu in Policy Briefs geäußert.¹¹⁷ Sie begrüßt die Ankündigung der Regierungsparteien, das Silodenken zu überwinden sowie feste ressort- und behördenübergreifende agile Projektteams und Innovationseinheiten mit konkreten Kompetenzen auszustatten.¹¹⁸

In der Digitalpolitik agil handeln

Die digitale Transformation verläuft in Deutschland sehr schleppend (vgl. Kapitel A 2) und muss deshalb in der neuen Legislaturperiode deutlich forciert werden. Mit den bisherigen Strukturen und Prozessen innerhalb der Bundesregierung ist es trotz aller Bemühungen nicht gelungen, die im internationalen Digitalisierungswettbewerb notwendige Dynamik zu entfachen.¹¹⁹ Die Expertenkommission hatte sich im Vorfeld der Koalitionsverhandlungen dafür ausgesprochen, die Digitalisierung mit einem Ministerium neuer Prägung voranzutreiben und dieses mit Strukturen und Prozessen auszustatten, die agiles Politikhandeln ermöglichen.¹²⁰ Anstatt ein eigenes Digitalministerium einzurichten, hat die neue Bundesregierung die Zuständigkeiten des bisherigen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) ausgebaut, was durch die Umbenennung des Hauses zum Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) unterstrichen wird. Daneben verbleiben viele mit der Digitalisierung verbundene Aufgaben in anderen Ressorts. In dieser neuen Struktur ist es erforderlich, die digitalpolitischen Aktivitäten der verschiedenen Ressorts straffer als bisher zu koordinieren und aufeinander abzustimmen. Dazu müssen neben den Zuständigkeiten der verschiedenen Ressorts auch

die Schnittstellen klar definiert werden und durch entsprechende ressortübergreifende Projektteams oder Taskforces eine strukturelle Verankerung erhalten.

Bedingungen für die SprinD zügig verbessern

Mit der Einrichtung der Agentur für Sprunginnovationen (SprinD) wurde 2019 ein völlig neues Förderkonzept institutionalisiert, das erstmals die Förderung radikal neuer Technologien und Prozesse in den Blick nimmt. Die Tätigkeit der SprinD zielt darauf ab, Ergebnisse aus der (Grundlagen-) Forschung, deren Umsetzung mit hohen Risiken und gleichzeitig hohem Investitionsbedarf verbunden ist, in die praktische Anwendung zu überführen. Um ihre spezifischen Aufgaben bewältigen zu können, erhielt die SprinD einen institutionellen Aufbau, der sich deutlich von den Strukturen der Ministerien und Projektträger unterscheidet. Die Expertenkommission hat die Gründung der SprinD ausdrücklich begrüßt und fordert die Bundesregierung dazu auf, die im Koalitionsvertrag angekündigte Verbesserung der rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen für die SprinD¹²¹ zügig und wirkungsvoll umzusetzen. Dazu sind beispielsweise vergaberechtliche, haushaltsrechtliche sowie beihilferechtliche Spielräume mutiger auszuschöpfen und ggf. zu erweitern. Wichtig ist, dass die SprinD unabhängig von einer operativen Steuerung durch die Ministerialbürokratien agieren kann.

Nicht auf Agenturlösungen als Allheilmittel setzen

Im Koalitionsvertrag werden neben der SprinD zwei neue Agenturen skizziert, die Innovationsaktivitäten fördern sollen.

Mit dem Ziel, anwendungsorientierte Forschung und Transfer sowie regionale und überregionale Innovationsökosysteme zu stärken, ist die Gründung einer Deutschen Agentur für Transfer und Innovation (DATI) geplant.¹²² Diese soll laut Koalitionsvertrag soziale und technologische Innovationen insbesondere an Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) sowie kleinen und mittleren Universitäten fördern. Bestehende Förderprogramme für HAW sollen nach Bekunden der Regie-

rungsparteien die Grundlage für die DATI bilden und ausgebaut werden. Ebenso ist perspektivisch vorgesehen, relevante Förderprogramme aus verschiedenen Ressorts unter dem Dach der DATI zu bündeln. Die Expertenkommission sieht die Gründung solch einer Agentur mit Skepsis. Die der DATI zugedachten Aufgaben decken sich in weiten Teilen mit denen, für die die Projektträger zuständig sind. Die Expertenkommission vertritt die Ansicht, dass die Gründung neuer Agenturen nur dann sinnvoll ist, wenn sie Aufgaben im deutschen F&I-System übernehmen, die zuvor nicht – weder durch staatliche Förderprogramme und Forschungseinrichtungen noch hinreichend durch das Engagement privater Akteure – abgedeckt wurden und zu deren Erfüllung institutionelle Voraussetzungen nötig sind, die noch nicht existieren.¹²³ Dies kann die Expertenkommission bei einer DATI nicht erkennen. Zielgerichteter wäre es, das Projektträger-Modell mit dem Ziel zu reformieren, Effizienz- und Agilitätspotenziale zu heben.

Die Regierungsparteien planen, die Förderbank KfW als Innovations- und Investitionsagentur auszubauen – insbesondere für KI, Quantentechnologie, Wasserstoff, Medizin, nachhaltige Mobilität, Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft. Die Expertenkommission hält es für sinnvoll, die Funktion der KfW als Förderbank, die Investitionen in innovative Technologien ermöglicht und als Ko-Wagniskapitalgeber fungiert, zu stärken. Sie spricht sich jedoch gegen einen Ausbau der KfW zu einer Agentur aus, die klassische F&I-Förderung betreibt.

Evaluationen und Politiklernen stärker in Prozesse integrieren

Die Expertenkommission hat sich bereits mehrfach dafür ausgesprochen, Politiklernen stärker in Prozesse der F&I-Politik zu integrieren.¹²⁴ Eine Politik des Experimentierens sowie Evaluationen sind dabei wichtige Eckpfeiler.

Erkenntnisse zur Wirkung alternativer Regulierungsansätze können durch die Einrichtung von Reallaboren gewonnen werden. Die von den Regierungsparteien angekündigte Schaffung einer gesetzlichen Grundlage für Reallabore sieht die Expertenkommission deshalb als sinnvoll an.

Evaluationen von F&I-politischen Maßnahmen sind wichtig, um Lerneffekte für zukünftige F&I-Fördermaßnahmen zu generieren. Die Aussagekraft und somit der Nutzen dieser Evaluationen hängen auch davon ab, welche Informationen und Daten für die Evaluationen zur Verfügung stehen. Die Expertenkommission empfiehlt, bereits bei der Konzeption von F&I-Fördermaßnahmen die Evaluation zu planen und den die Evaluationen durchführenden Einrichtungen frühzeitig Zugang zu relevanten Informationen und Daten zu ermöglichen. Damit Evaluationsergebnisse für Politiklernen und Politikgestaltung einen höheren Wert erhalten, sollte das Bewusstsein für den Nutzen von Evaluationen gestärkt werden. Hierzu bedarf es eines besseren

Verständnisses für die fachgerechte Durchführung von Evaluationen sowie einer positiven Fehlerkultur, die ein Lernen aus Scheitern ermöglicht.¹²⁵

In den vergangenen Dekaden ist die F&I-Politik immer vielfältiger und komplexer geworden. Die aktuellen Fördermaßnahmen fußen auf verschiedenen, parallel verfolgten Politikansätzen unterschiedlicher Ressorts.¹²⁶ Die Expertenkommission spricht sich vor diesem Hintergrund dafür aus, nicht nur die einzelnen F&I-politischen Maßnahmen für sich genommen zu evaluieren, sondern auch eine Evaluation der gesamten Förderarchitektur anzustoßen. Hierbei sollten Redundanzen bei der F&I-Förderung ermittelt und Förderlücken identifiziert werden.¹²⁷

B

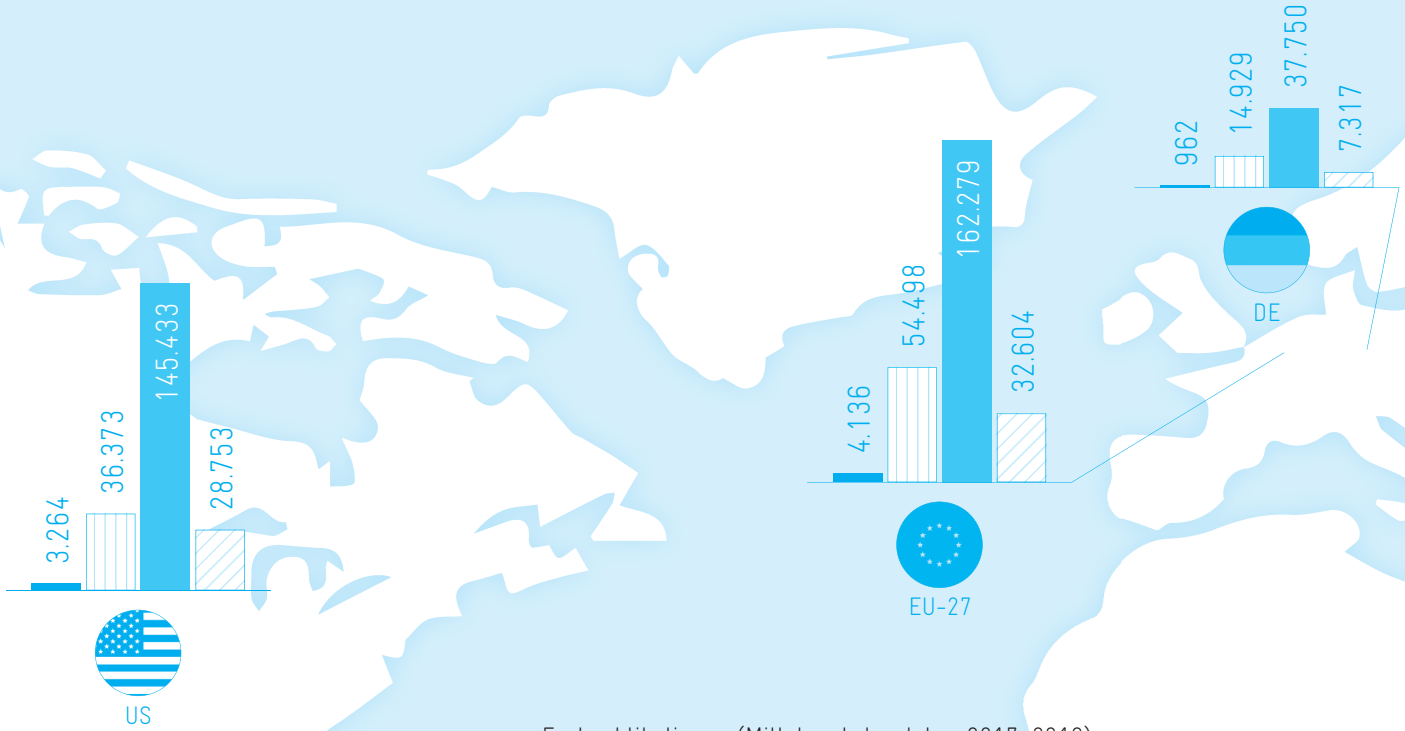
KERNTHEMEN 2022



B 1 Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität



[Download der
Abbildung und
Daten](#)

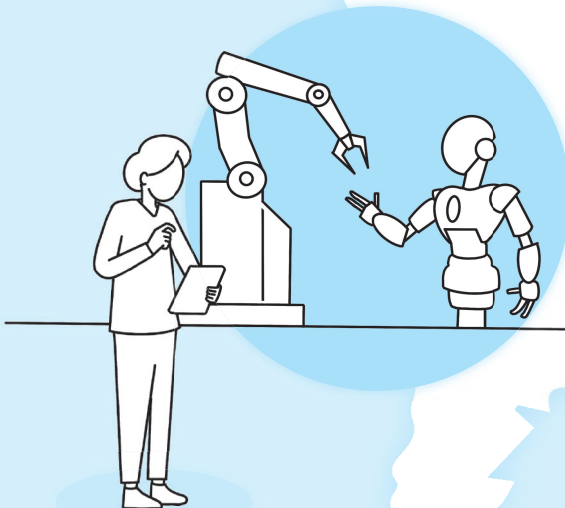


Fachpublikationen (Mittelwert der Jahre 2017–2019)

- Produktionstechnologien
- Materialtechnologien
- Bio- und Lebenswissenschaften
- Digitale Technologien

Produktionstechnologien

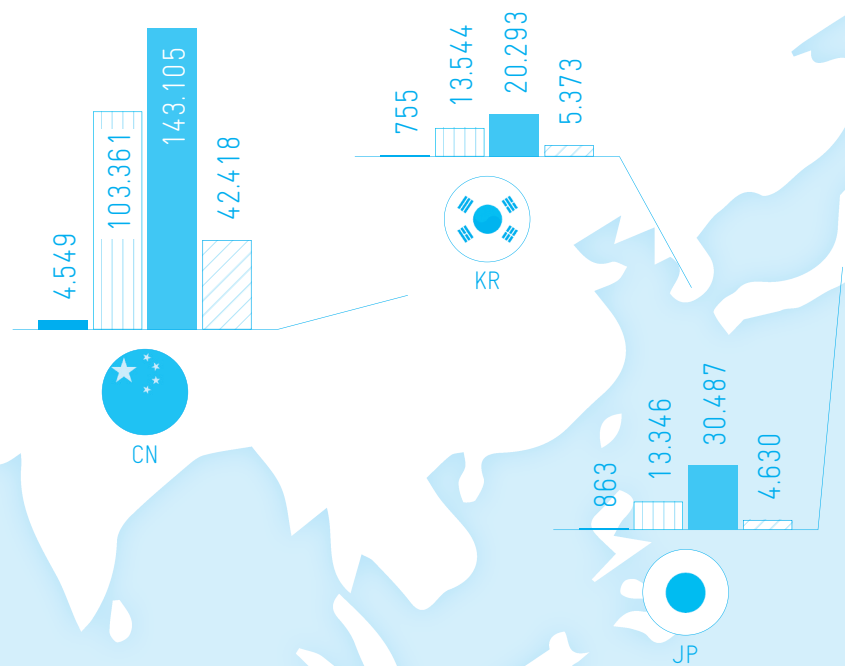
Advanced Manufacturing, Robotik, Photonik



Materialtechnologien

Neue Werkstoffe, Nanotechnologien

Schlüsseltechnologien eröffnen einer Volkswirtschaft hohe Potenziale für eine prosperierende technologische und wirtschaftliche Entwicklung und damit für Wohlstand. Sie haben eine zentrale Bedeutung für die aktuellen und zukünftigen Wertschöpfungsaktivitäten. Alleinstellungsmerkmale und Innovationen bei den Schlüsseltechnologien tragen zur Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen einer Volkswirtschaft in diesen Technologien bei. Aus diesem Grund sind Schlüsseltechnologien zunehmend in den Fokus der Politik gerückt. Damit eine Volkswirtschaft bei etablierten wie auch bei zukünftigen Schlüsseltechnologien technologisch souverän agieren kann und nicht in wohlfahrtsmindernde Abhängigkeiten gerät, sehen sich politische Entscheidungsträger veranlasst, passende strategische Konzepte zu entwickeln.



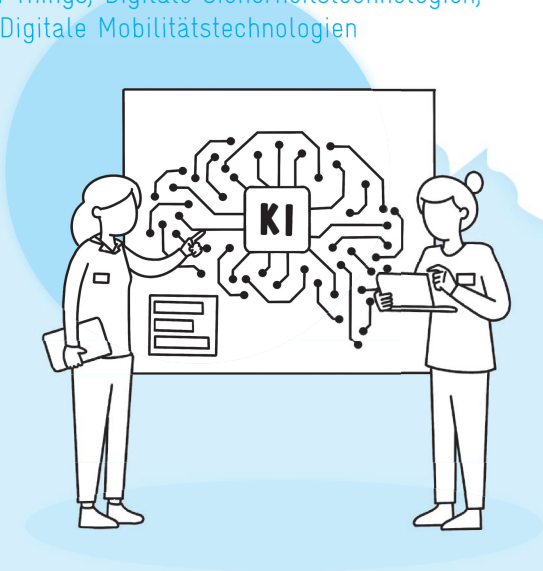
Bio- und Lebenswissenschaften

Bioökonomie, Lebenswissenschaften



Digitale Technologien

Mikroelektronik, künstliche Intelligenz, Internet of Things, Digitale Sicherheitstechnologien, Big Data, Digitale Mobilitätstechnologien



B 1 Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität

Als Schlüsseltechnologien werden Technologien bezeichnet, die Schlüsselrollen bei technologischen und ökonomischen Entwicklungen einnehmen. Eine dieser Rollen ergibt sich durch die Bedeutung einer Schlüsseltechnologie für die innovative Weiterentwicklung und Anwendung anderer Technologien (Enabler-Funktion). So etwa kommt leistungsfähigen Steuerungschips in vielen Bereichen moderner Produktion (Industrie 4.0), bei Bereitstellung und Weiterentwicklung neuer Energie- und Mobilitätskonzepte sowie zunehmend im häuslichen Konsum (Smarthome) eine sehr wichtige, oft nicht zu ersetzende Rolle zu. Eine weitere Schlüsselrolle nehmen diese Technologien durch ihren zentralen Beitrag zur Entstehung und Entwicklung großer und dynamischer globaler Märkte ein. Bis 2024 wird beispielsweise erwartet, dass der weltweite Umsatz des Marktes für künstliche Intelligenz (KI) die 500-Milliarden-US-Dollar-Marke überschreitet, mit einer fünfjährigen durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 17,5 Prozent und einem Gesamtumsatz von 554,3 Milliarden US-Dollar.¹²⁸ Darüber hinaus wird Schlüsseltechnologien eine Schlüsselrolle bei wichtigen Transformationsprozessen in Wirtschaft und Gesellschaft zugesprochen. So können beispielsweise nachhaltigkeitsrelevante Technologien im Bereich der Bioökonomie oder der hochwertigen Gesundheitsversorgung bei der Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen und der Verfolgung der Sustainable Development Goals zum Tragen kommen.¹²⁹

Schlüsseltechnologien eröffnen einer Volkswirtschaft hohe Potenziale für eine prosperierende technologische und wirtschaftliche Entwicklung und damit für Wohlstand. Sie haben eine zentrale Bedeutung für die aktuellen und zukünftigen Wert-

schöpfungsaktivitäten. Alleinstellungsmerkmale und Innovationen bei den Schlüsseltechnologien tragen zur Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und weiterer Akteure des F&I-Systems einer Volkswirtschaft bei. Nicht zuletzt eröffnen sie einer Volkswirtschaft die Möglichkeit, globale wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformationsprozesse aktiv mitzugestalten sowie zur Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen beizutragen.

Um diese Ziele selbstbestimmt verfolgen und die damit verbundenen Potenziale nutzen zu können, muss eine Volkswirtschaft im Umgang mit Schlüsseltechnologien ein hohes Maß an technologischer Souveränität aufweisen. Verliert eine Volkswirtschaft hierbei international den Anschluss und damit an Souveränität, können sich Abhängigkeiten ergeben, die wohlfahrtsmindernd und kurz- bzw. mittelfristig nur schwer zu beheben sind.

Aus diesem Grund sind Schlüsseltechnologien zunehmend in den Fokus der politischen Entscheidungsträger gerückt, die passende strategische Konzepte entwickeln müssen, damit eine Volkswirtschaft bei etablierten wie auch bei zukünftigen Schlüsseltechnologien technologisch souverän agieren kann und nicht in wohlfahrtsmindernde Abhängigkeiten gerät.

B 1-1 Schlüsseltechnologien und ihre Relevanz für technologische Souveränität

Schlüsseltechnologien durch drei Kriterien definiert

Die Definition des Konzepts Schlüsseltechnologien ist weder in der wissenschaftlichen Literatur noch

in der politischen Diskussion einheitlich und präzise.¹³⁰ Die folgenden drei Kriterien¹³¹ werden in der bestehenden Literatur¹³² für die Identifikation von Schlüsseltechnologien vorgeschlagen:

- 1) Breite Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Technologiebereichen oder Branchen
- 2) Starke, nicht substituierbare Komplementarität zu einer Vielzahl anderer Technologien
- 3) Hohes Potenzial für Leistungssteigerung bei einer Schlüsseltechnologie selbst und bei ihren Anwendungsbereichen

Die Kriterien eins und zwei beziehen sich unmittelbar auf die Anwendungsseite von Schlüsseltechnologien, nämlich eine Anwendung in großer Breite bei anderen Technologien, und das sehr oft ohne technologische Alternativen. Kriterium drei stellt auf die Innovationspotenziale bei einer Schlüsseltechnologie sowie bei ihren Anwendungstechnologien ab.

In der F&I-politischen und wirtschaftspolitischen Praxis erfolgt die Klassifizierung einer Technologie als Schlüsseltechnologie wenig systematisch und definitionsgeleitet, sondern ergibt sich diskursiv aus den politischen Prozessen. Eine Instrumentalisierung des Begriffs der Schlüsseltechnologie für die Durchsetzung von Partikularinteressen ist bei einem solchen Ansatz nicht auszuschließen. Um dies zu vermeiden, müssen im politischen Prozess klare Kriterien – entsprechend der drei oben benannten – zur Einordnung einer Technologie als Schlüsseltechnologie herangezogen werden.

Portfoliobetrachtung von Schlüsseltechnologien wichtig

Um die internationale Position einer Volkswirtschaft bei der Entwicklung und Nutzung von etablierten und zukünftigen Schlüsseltechnologien feststellen zu können, ist eine Portfoliobetrachtung wichtig. Die dabei zu berücksichtigenden etablierten Schlüsseltechnologien können anhand der oben genannten Kriterien identifiziert werden. Bei zukünftigen Schlüsseltechnologien ist zu prüfen, inwieweit erwartet werden kann, dass eine Technologie diese Kriterien in Zukunft erfüllen kann. Die Identifikation einer zukünftigen Schlüsseltechnologie in der Frühphase ihrer Entwicklung ist empirisch schwierig und mit hoher Unsicherheit verbunden. Ein möglicher Ansatz dafür ist ein

dialogbasierter Strategic-Foresight-Prozess,¹³³ bei dem Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft einbezogen werden und der durch ein strategisches Beratungsgremium¹³⁴ geleitet wird.

Diesem strategischen Beratungsgremium kann auch die Aufgabe übertragen werden, ein Portfolio etablierter und zukünftiger Schlüsseltechnologien aufzubauen und weiterzuentwickeln. Zu dieser Aufgabe würde es auch gehören, die Einordnung einer Technologie als Schlüsseltechnologie innerhalb des Portfolios regelmäßig zu überprüfen.

Der systematische Aufbau eines Portfolios kann dazu beitragen, mittels einer langfristigen Perspektive Schlüsseltechnologien schon früh zu erkennen und deren Entwicklung ggf. mit geeigneten Maßnahmen zu unterstützen. Bei etablierten Schlüsseltechnologien lassen sich im internationalen Vergleich Schwachpunkte und daraus resultierende Abhängigkeiten erkennen.

Beherrschung und Verfügbarkeit für technologische Souveränität nötig

Der Begriff der technologischen Souveränität wird in der deutschen Politik ungefähr seit Anfang der 2010er-Jahre verwendet und konzentrierte sich zunächst auf digitale Technologien und digitale Sicherheit. Im Laufe der Zeit wurde der Begriff auf sämtliche Technologiebereiche ausgeweitet. Digitale Technologien und Sicherheitsaspekte werden heute unter dem Begriff der digitalen Souveränität diskutiert, die als wesentlicher Bestandteil der technologischen Souveränität eines Landes gilt.¹³⁵

In der Literatur wird das Konzept der technologischen Souveränität recht unterschiedlich beschrieben und definiert.¹³⁶ Eine geeignete Definition setzt auf der Ebene einer Volkswirtschaft an und bezieht sich auf eine einzelne Technologie. Die Definition der Expertenkommission baut auf der Definition des Fraunhofer ISI¹³⁷ auf und passt diese entsprechend an.¹³⁸

Eine Volkswirtschaft ist in einer Technologie souverän, wenn sie diese Technologie, die wesentlich zu ihrer Wohlfahrt und Wettbewerbsfähigkeit beiträgt oder kritisch im Sinne systemischer Relevanz ist, selbst vorhalten, weiterentwickeln und bei ihrer Standardisierung mitwirken kann oder über die Möglich-

keit verfügt, diese Technologie ohne einseitige Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen zu beziehen und anzuwenden.

Schlüsseltechnologien, die der Definition nach wesentlich zu Wohlfahrt und Wettbewerbsfähigkeit in einer Volkswirtschaft beitragen und zentrale, systemrelevante Positionen einnehmen, zählen zweifellos zu den Technologien, bei denen die Frage nach der technologischen Souveränität einer Volkswirtschaft von besonderer Relevanz ist. Ist diese nicht in ausreichendem Maße gegeben, können – insbesondere in Krisensituationen – wohlfahrtsmindernde Engpässe auftreten.

Technologische Souveränität ergibt sich zum einen aus dem Grad, mit dem eine Volkswirtschaft die Anwendung und Nutzung einer bestimmten Technologie beherrscht, und zum anderen aus dem Grad, mit dem diese Technologie einer Volkswirtschaft zur weiteren Nutzung zur Verfügung steht. Die Dimension der Beherrschung bemisst sich an dem Wissen und den Fähigkeiten, die hinsichtlich einer bestimmten Technologie innerhalb einer Volkswirtschaft vorhanden sind. Die Dimension der Verfügbarkeit erfasst, inwieweit eine Volkswirtschaft über eine bestimmte Technologie zur weiteren Nutzung verfügen kann, sei es durch eigene Herstellung oder durch den vollständigen oder teilweisen Bezug von außen über den internationalen Handel.

Technologische Souveränität durch Rückstände bei Schlüsseltechnologien gefährdet

Wie die Beherrschung einer Schlüsseltechnologie zu einem kritischen Faktor werden kann, lässt sich mit einem Modell des technologischen Wissensaufbaus¹³⁹ erklären.¹⁴⁰ Danach vollzieht sich der Prozess des Aufbaus von Wissen in einem bestimmten technologischen Bereich auf kumulative, sich selbst verstärkende Weise. Das heißt, der weitere Wissenszuwachs in einem Technologiebereich hängt vom bisher erreichten Niveau in diesem Bereich ab. Bezogen auf eine Schlüsseltechnologie und den Innovationswettbewerb zwischen Ländern impliziert dieser Mechanismus, dass sich anfänglich bestehende Unterschiede im technologischen Wissen vergrößern. Es baut sich dadurch zwischen den Ländern eine wachsende technologische Lücke¹⁴¹ auf.

Wie sich diese Entwicklung auf die beiden Dimensionen der technologischen Souveränität einer Volkswirtschaft auswirkt, stellt sich am Beispiel

einer einzigen Schlüsseltechnologie wie folgt dar: Bezüglich der Dimension Beherrschung einer Technologie besitzt die in einer Schlüsseltechnologie führende Volkswirtschaft stets eine hohe oder vollständige technologische Souveränität. Mit zunehmender technologischer Lücke nimmt hingegen für die technologisch nachfolgende Volkswirtschaft der Grad der Beherrschung dieser Schlüsseltechnologie Schritt für Schritt ab, ihre technologische Souveränität sinkt.

Dieser Rückgang an Souveränität lässt sich allerdings kompensieren, indem die nachfolgende Volkswirtschaft die internationale Arbeitsteilung nutzt und die neueste Version dieser Schlüsseltechnologie sowie die dazugehörige Anwendungsexpertise aus der technologisch führenden Volkswirtschaft importiert. Die technologische Souveränität wäre so hinsichtlich der Dimensionen Verfügbarkeit und Beherrschung der Technologie für diese Volkswirtschaft gesichert. Dieses Vorgehen impliziert allerdings, dass die komparativen Nachteile für die nachfolgende Volkswirtschaft mit wachsender technologischer Lücke zunehmen und sich deren Handelsbedingungen (Terms of Trade) verschlechtern.¹⁴² Entsprechend wird der Import der Schlüsseltechnologie samt Anwendungsexpertise immer teurer, mit der Folge, dass sowohl der Grad der Verfügbarkeit als auch der Grad der Beherrschung abnehmen. Auf diese Weise verringert sich die technologische Souveränität des nachfolgenden Landes kontinuierlich, und dessen Abhängigkeit vom Ausland nimmt zu.

Wird die Betrachtung auf mehrere oder sehr breit aufgestellte Schlüsseltechnologien erweitert, dann ist es vorstellbar, dass sich Volkswirtschaften auf bestimmte Schlüsseltechnologien spezialisieren und darin gegenüber anderen Volkswirtschaften komparative Vorteile aufbauen. In diesem Kontext eines Portfolios an Schlüsseltechnologien spielt die Frage nach der technologischen Souveränität bei einer bestimmten Schlüsseltechnologie eine geringere Rolle. Volkswirtschaften können sich dementsprechend jeweils auf Schlüsseltechnologien spezialisieren, sind dann beim Bezug von Schlüsseltechnologien wechselseitig aufeinander angewiesen, wodurch einseitige Abhängigkeiten weniger wahrscheinlich werden.

Die Einbindung einer Volkswirtschaft in den Außenhandel wird durch ihre komparativen Vor- und Nachteile gegenüber dem Ausland bestimmt. Beim

Konzept der komparativen Vorteile können zwei Arten unterschieden werden: statische und dynamische komparative Vorteile. Statische komparative Vorteile sind auf Kontextfaktoren zurückzuführen, wie etwa natürliche Gegebenheiten; sie lassen sich nicht oder kaum beeinflussen. Dynamische komparative Vorteile hingegen sind auf veränderbare Faktoren zurückzuführen. Hierzu zählen Technologien, die durch technischen Wandel und Innovationen verbessert und weiterentwickelt werden können.

Eine Volkswirtschaft, die sich bei gegebenen statischen komparativen Vorteilen so spezialisiert, dass Schlüsseltechnologien aus dem Ausland importiert werden müssen, läuft aufgrund zunehmender technologischer Lücken Gefahr, technologische Souveränität in einer oder mehreren Schlüsseltechnologien zu verlieren und damit in Abhängigkeiten zu geraten.

Ein Ausweg aus dieser Situation ist, sich nicht weiter auf Bereiche mit bestehenden statischen komparativen Vorteilen zu spezialisieren. Vielmehr ist es sinnvoll, den Aufbau eigener komparativer Vorteile bei Schlüsseltechnologien mit geeigneten Fördermaßnahmen zu verfolgen. Diese aus statischer Sicht „falsche“ Spezialisierung ist zunächst mit wohlfahrtsmindernden Effekten verbunden.¹⁴³ In einer dynamischen und langfristigen Perspektive können diese jedoch durch Wohlfahrtsgewinne, die sich aus mittlerweile aufgebauten komparativen Vorteilen bei Schlüsseltechnologien ergeben, überkompensiert werden.¹⁴⁴ Südkorea in den 1980er Jahre ist ein gutes Beispiel dafür.¹⁴⁵ Seine sehr erfolgreiche Industrialisierung und sein Weg in die Gruppe der technologisch führenden Volkswirtschaften beruhen gerade darauf, dass es nicht auf bestehende statische komparative Vorteile im Reisanbau und in anderen technologisch wenig anspruchsvollen Bereichen gesetzt hat. Die Entwicklung hin zu technologie- und wissensintensiven Sektoren und Industrien – durch den Staat angeschoben und durch intensive Fördermaßnahmen unterstützt – hat es dem Land ermöglicht, nach einer gewissen Zeit komparative Vorteile in diesen anspruchsvollen Technologiebereichen zu etablieren.

B 1-2 Deutschlands Positionierung bei aktuellen Schlüsseltechnologien

Aktuelle Schlüsseltechnologien sehr heterogen

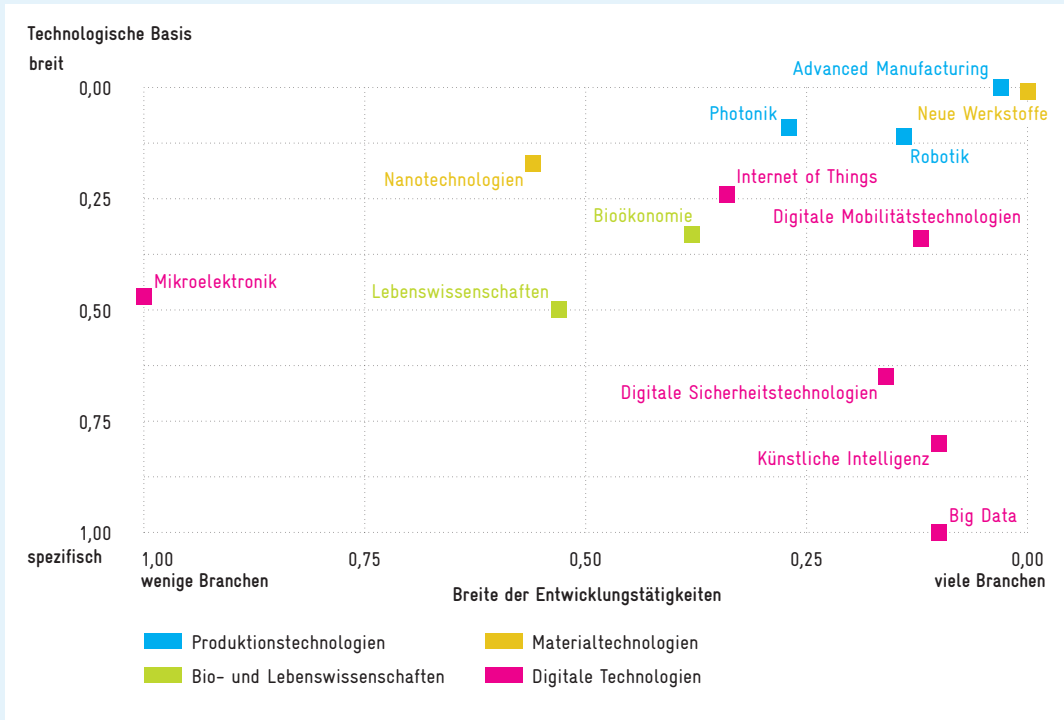
Die Expertenkommission weist darauf hin, dass die Identifizierung von Schlüsseltechnologien ein komplexes und kontroverses Unterfangen ist. Deshalb greift die Expertenkommission für das vorliegende Kapitel auf eine von ihr in Auftrag gegebene Studie¹⁴⁶ zurück, die für ihre Analysen eine Auswahl von Schlüsseltechnologien verwendet, welche bereits für Monitorings und Strategiepapiere auf europäischer und deutscher Ebene erstellt wurde.¹⁴⁷ In dieser Studie wurden 13 Einzeltechnologien (vgl. Abbildung B 1-1) identifiziert, die sich vier thematisch übergeordneten Schlüsseltechnologiebereichen zuordnen lassen: den Produktionstechnologien, den Materialtechnologien, den Bio- und Lebenswissenschaften, den Digitalen Technologien.

Da es für die Einordnung einer Technologie als Schlüsseltechnologie und für die technologische Souveränität eines Landes nur eine untergeordnete Rolle spielt, in welchen Branchen und Produkten eine Schlüsseltechnologie zur Anwendung kommt, werden die ausgewählten Schlüsseltechnologien im Folgenden nicht anwendungsseitig betrachtet. Dementsprechend werden die Technologien nachfolgend dahingehend analysiert, wie intensiv ihre Erforschung und Entwicklung verläuft und wie sich der internationale Handel mit ihnen gestaltet. Die vorliegende empirische Untersuchung basiert somit auf einer anbieterseitigen Charakterisierung von Schlüsseltechnologien.

Zunächst wird dargestellt, ob die einer Schlüsseltechnologie zugeordneten weltweiten Erfindungen, gemessen an Patentanmeldungen, überwiegend aus einigen wenigen oder aus vielen verschiedenen Branchen stammen; es geht somit um die Breite der ihr zugehörigen Entwicklungstätigkeiten.¹⁴⁸ Zusätzlich wird abgebildet, inwieweit die weltweiten Patentanmeldungen, die einer Schlüsseltechnologie zugeordnet werden können, auf ein klar definiertes Technologiefeld beschränkt sind oder sich breit über verschiedene Technologiefelder verteilen.¹⁴⁹

In Abbildung B 1-1 werden die Schlüsseltechnologien gemäß dieser zwei Dimensionen angeordnet und untereinander verglichen.¹⁵⁰ Es zeigt sich eine heterogene Struktur. Während beispielsweise die Technologie Big Data von Unternehmen vieler

Abb. B 1-1 Entwicklungstätigkeiten und technologische Basis



[Download der Abbildung und Daten](#)

Darstellung der 13 Einzeltechnologien anhand der Breite der Entwicklungstätigkeiten und der technologischen Basis. Lesebeispiel: Big Data hat mit einem Wert von 0,1 eine relativ spezifische Breite der Entwicklungstätigkeit. Big Data hat mit einem Wert von eins die höchste technologische Basis aller betrachteten Einzeltechnologien. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kröll et al. (2022). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Branchen weiterentwickelt wird, ist ihre technologische Basis vergleichsweise spezifisch. Mikroelektronik hingegen wird von Unternehmen aus nur wenigen Branchen entwickelt, bei einer technologischen Basis mittlerer Breite. Die Technologien Advanced Manufacturing und Neue Werkstoffe zeichnen sich sowohl durch eine vergleichsweise breite technologische Basis als auch Entwicklungstätigkeiten in vergleichsweise vielen Branchen aus.¹⁵¹

Indikatoren für einen internationalen Vergleich

Indikatoren aus den Bereichen Forschung (wissenschaftliche Publikationen) und Entwicklung (transnationale Patentanmeldungen), Handel (Handelsbilanzen und -spezialisierungen) und Standardsetzung (Mitarbeit in Normungsgremien) können die Position Deutschlands im internationalen Vergleich darstellen.¹⁵² Anhand der Publikationen und Patentanmeldungen lässt sich der Grad der Beherrschung einer Schlüsseltechnologie abschätzen. Die Handelsbilanzen geben Auskunft über deren Verfügbarkeit. Aktivitäten bei der Standardsetzung

lassen Rückschlüsse sowohl auf die Beherrschung als auch die Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien zu.

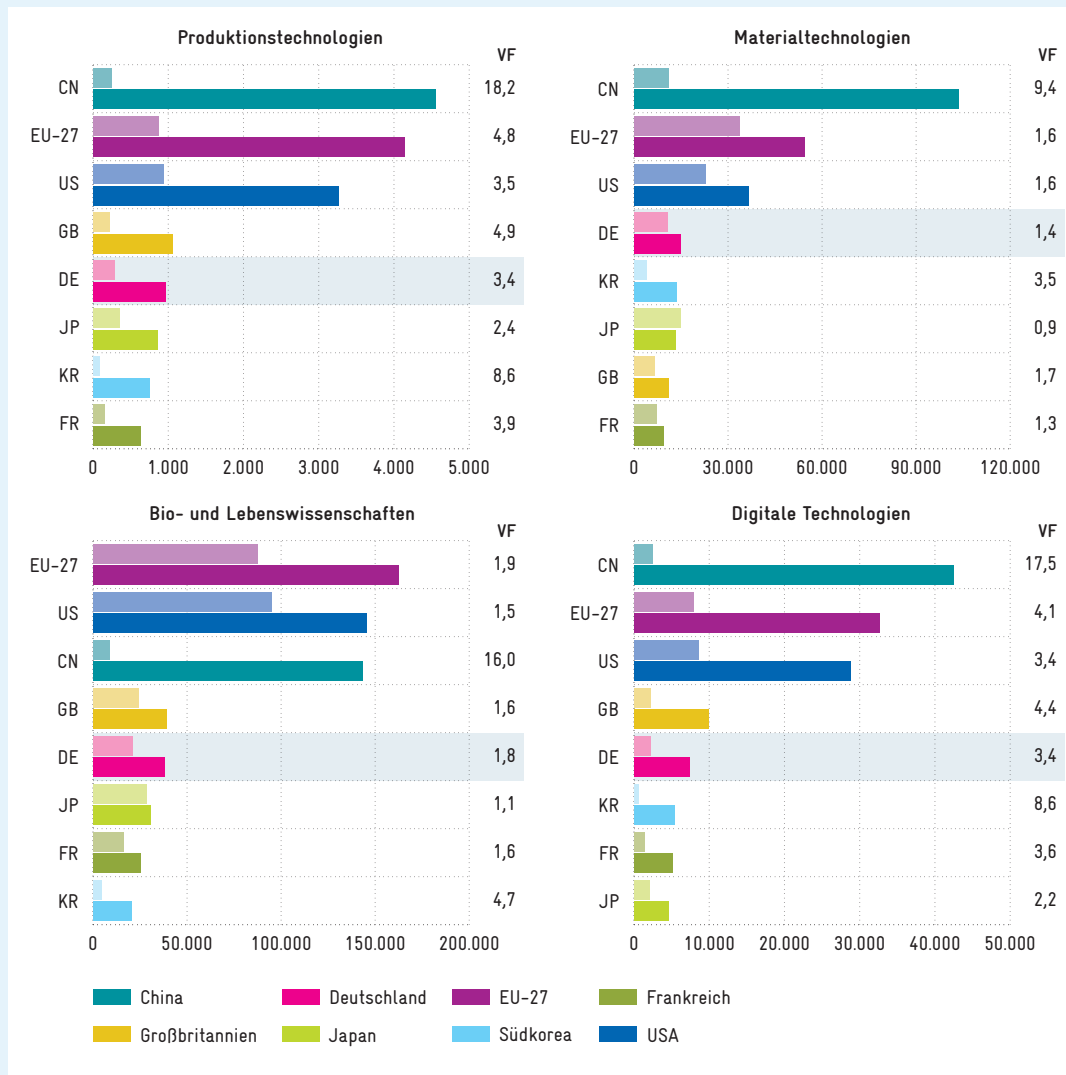
Wissenschaftliche Publikationen: China besonders dynamisch

Um die Position zu bestimmen, die Deutschland im internationalen Vergleich bei der Forschung zu Schlüsseltechnologien einnimmt, werden wissenschaftliche Publikationen weltweit betrachtet, die von 2000 bis 2019 veröffentlicht wurden.¹⁵³ Da Veränderungen im Zeitverlauf und damit Positionsveränderungen von Interesse sind, wurden die Mittelwerte der ersten drei Jahre des Betrachtungszeitraums (2000–2002) und die der letzten drei Jahre (2017–2019) berechnet und miteinander verglichen. Der Veränderungsfaktor gibt an, wie sich die Publikationszahlen der letzten drei Jahre zu den Publikationszahlen der ersten drei Jahre verhalten.

Anhand der Differenz der Veränderungsfaktoren zwischen zwei Ländern lässt sich beurteilen, wie

Abb. B 1-2 Mittelwert der Publikationen in den Schlüsseltechnologiebereichen für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2017–2019

[Download der Abbildung und Daten](#)



Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Publikationsanzahl der Jahre 2000 bis 2002, der dunklere Farbton die der Jahre 2017 bis 2019. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb eines jeden Schlüsseltechnologiebereichs folgt den Mittelwerten der Jahre 2017 bis 2019. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich Publikationszahlen der letzten drei Jahre zu den Publikationszahlen der ersten drei Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Publikationszahlen im betrachteten Zeitraum. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Publikationszahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kroll et al. (2022)
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

sich der Abstand, in diesem Fall die wissenschaftliche Lücke, zwischen zwei Ländern entwickelt hat. Wenn beispielsweise ein Land bei den absoluten Publikationszahlen hinter einem anderen Land zurücklag, aber einen höheren Veränderungsfaktor aufwies, konnte das zurückliegende Land den wissenschaftlichen Abstand im Laufe der Zeit verringern oder möglicherweise sogar das zunächst führende Land überholen. Ist jedoch der Veränderungsfaktor des führenden Landes größer als der

des zurückliegenden Landes, dann hat sich der wissenschaftliche Abstand zwischen den beiden Ländern vergrößert.

Abbildung B 1-2 macht deutlich, dass China,¹⁵⁴ die USA und die EU-27 die Publikationsaktivitäten in allen vier Schlüsseltechnologiebereichen am aktuellen Rand dominieren. Der rasante Anstieg der Publikationsaktivitäten in China sticht hervor. Zwar haben auch Deutschland und andere Länder

ihr Publikationsaufkommen deutlich erhöht, keines jedoch in vergleichbarem Umfang. So konnte Deutschland im Bereich der Digitalen Technologien das Publikationsaufkommen um den Faktor 3,4 erhöhen, China jedoch um den Faktor 17,5. China ist es so in weniger als 20 Jahren gelungen, im Bereich der Digitalen Technologien, Materialtechnologien und Produktionstechnologien die USA und die EU-27 zu überholen sowie im Bereich der Bio- und Lebenswissenschaften aufzuschließen.¹⁵⁵

Deutschland nimmt in allen Schlüsseltechnologiebereichen eine seiner Größe entsprechende Position im Mittelfeld ein. Hinsichtlich des Veränderungsfaktors liegt es im Allgemeinen gleichauf mit den europäischen Ländern und den USA. Im Vergleich zu Südkorea und China, die deutlich höhere Veränderungsfaktoren aufweisen, verschlechtert sich die anfänglich gute Position Deutschlands bzw. wandelt sich in eine Folgeposition. Eine starke Position an der Spitze ist für Deutschland nur im Verbund mit den übrigen EU-27-Ländern möglich.

Im Folgenden werden die sechs Einzeltechnologien im Bereich der Digitalen Technologien dargestellt. Diese Detailanalyse ist durch die besondere Rolle der Digitalen Technologien begründet. Sie wirken zunehmend in fast alle anderen Technologiebereiche hinein. Als treibende Kraft entfalten sie eine ausgeprägte Querschnittswirkung, sie stoßen in anderen Technologiebereichen Entwicklungsprozesse an oder beschleunigen diese.

Dem Veränderungsfaktor zufolge entwickelt sich die Publikationstätigkeit in Deutschland in allen Digitalen Einzeltechnologien ähnlich dynamisch (vgl. Abbildung B 1-3) wie in den anderen westlichen Vergleichsländern. Bei dieser Detailbetrachtung fällt erneut die starke Position Chinas auf, das in allen Digitalen Technologien, mit Ausnahme der Digitalen Sicherheit, die Führungsposition einnimmt.

Patentanmeldungen: Bild in Deutschland gemischt

Als Indikator für Neuerungen in der Anwendung von Schlüsseltechnologien können transnationale Patentanmeldungen¹⁵⁶ im Zeitraum von 2000 bis 2018 herangezogen werden.¹⁵⁷ Auch hier wurden die Mittelwerte der ersten drei Jahre des Betrachtungszeitraums (2000–2002) und die der letzten drei Jahre (2016–2018) berechnet und miteinander verglichen. Der Veränderungsfaktor gibt an,

wie sich die Patentzahlen der letzten drei Jahre zu den Patentzahlen der ersten drei Jahre verhalten. Analog zum Veränderungsfaktor bei Publikationen kann dieser in Ländervergleichen dazu herangezogen werden, um die Entwicklung der – da auf Patenten basierend – technologischen Lücken zu interpretieren.

Die Übersicht zeigt, dass insbesondere in den asiatischen Ländern (Japan, China, Südkorea) die Patentierungsaktivitäten stark zugenommen haben, während sie in einigen westlichen Ländern zurückgegangen sind (vgl. Abbildung B 1-4). Dies betrifft in Deutschland die Schlüsseltechnologiebereiche der Materialtechnologien sowie der Bio- und Lebenswissenschaften.

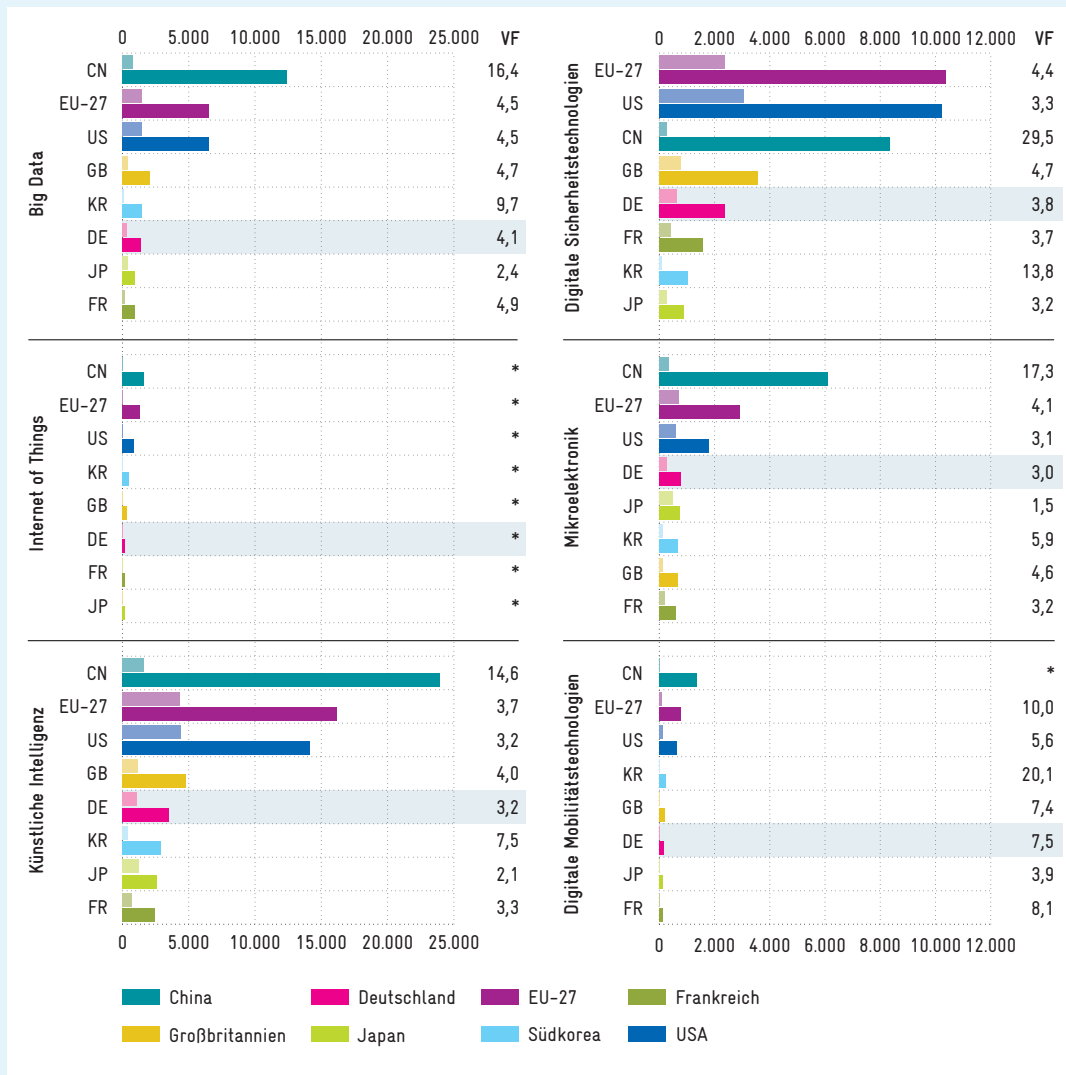
Deutschland liegt mit seinen Patentanmeldungen in den Schlüsseltechnologiebereichen Produktions- und Materialtechnologien sowie den Bio- und Lebenswissenschaften im Mittelfeld. Japan, die EU-27 sowie die USA führen die Liste an. China folgt auf Platz vier und weist auch hier eine sehr dynamische Entwicklung auf. Beim Veränderungsfaktor liegt Deutschland wiederum auf einem ähnlichen Niveau wie die anderen westlichen Länder; die deutlich höheren Faktoren bei China, Japan und Südkorea zeigen allerdings einen zunehmenden technologischen Rückstand Deutschlands auf. In den Produktionstechnologien und mit Abstrichen auch in den Bio- und Lebenswissenschaften steht Deutschland in dieser Hinsicht noch recht gut da.

Im Schlüsseltechnologiebereich der Digitalen Technologien haben sich China und Südkorea besonders dynamisch entwickelt. Es führen Japan und die USA gefolgt von China.

Bei der Detailbetrachtung der einzelnen Digitalen Technologien (vgl. Abbildung B 1-5) zeigt sich, dass die deutschen Patentanmeldungen in allen Einzeltechnologien bis auf die Mikroelektronik moderat gestiegen sind. In der Mikroelektronik gab es einen leichten Rückgang. Der Vergleich der Veränderungsfaktoren zeigt, dass Deutschland die technologische Führung gegenüber China, Südkorea und teilweise auch Japan verloren bzw. sich der Abstand zu diesen Ländern vergrößert hat. Auffällig ist in diesem Zusammenhang der Aufstieg Chinas. China ist in allen Einzeltechnologien – mit Ausnahme der Digitalen Mobilität – unter den ersten drei Plätzen zu finden, obwohl es im Vergleich zu den anderen Ländern die niedrigsten Ausgangswerte aufweist.

Abb. B 1-3 Mittelwert der Publikationen in Digitalen Technologien für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2017–2019

[Download der Abbildung und Daten](#)



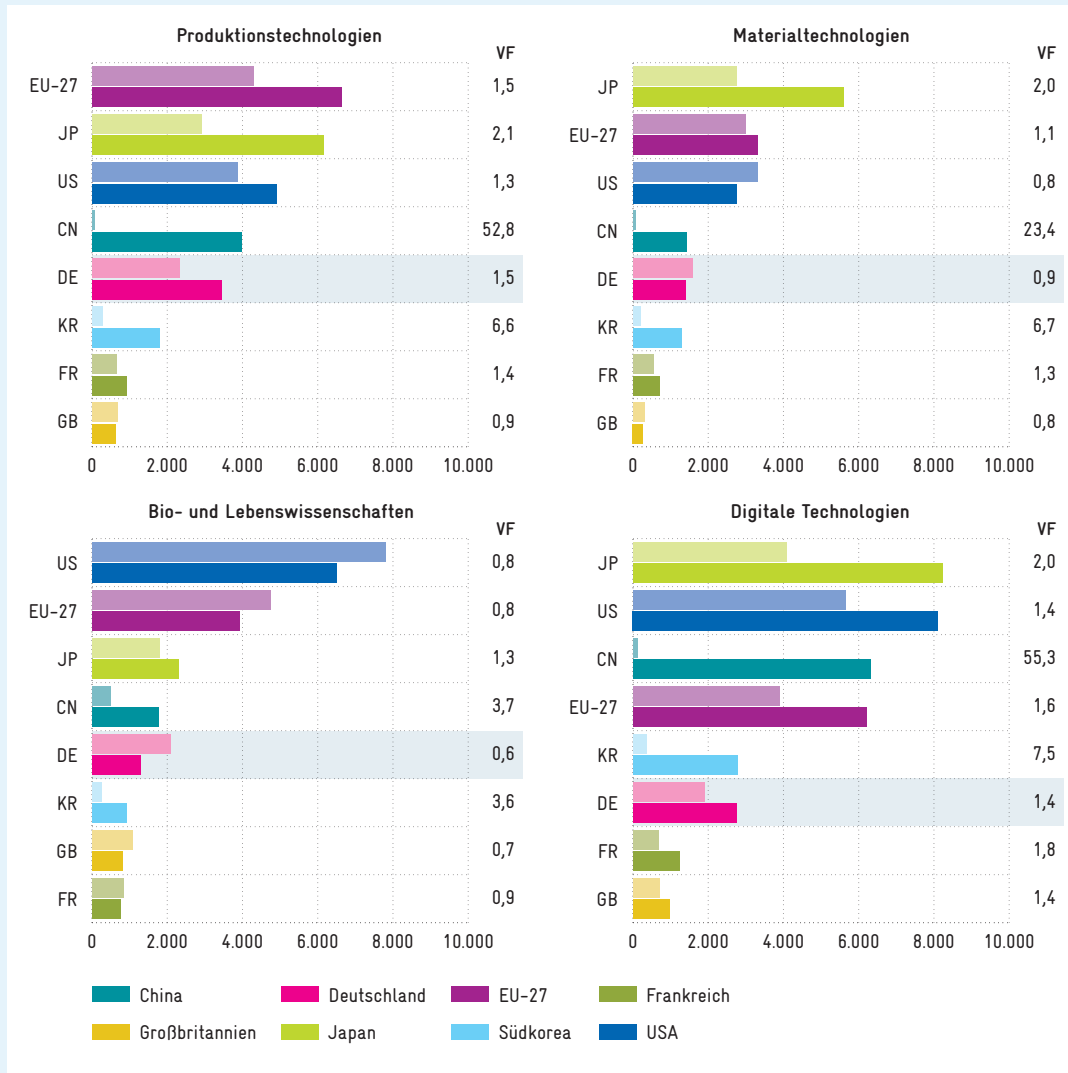
Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Publikationsanzahl der Jahre 2000 bis 2002, der dunklere Farbton die der Jahre 2017 bis 2019. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb einer jeden Einzeltechnologie folgt den Mittelwerten der Jahre 2017 bis 2019. Eine einzelne Publikation kann aus inhaltlichen Gründen mehreren Einzeltechnologien zugeordnet sein. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich die Publikationszahlen der letzten drei Jahre zu den Publikationszahlen der ersten drei Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Publikationszahlen im betrachteten Zeitraum. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Publikationszahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben. * werden verwendet, wenn der Veränderungsfaktor aufgrund eines geringfügigen Ausgangswerts extreme Werte annimmt.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kroll et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

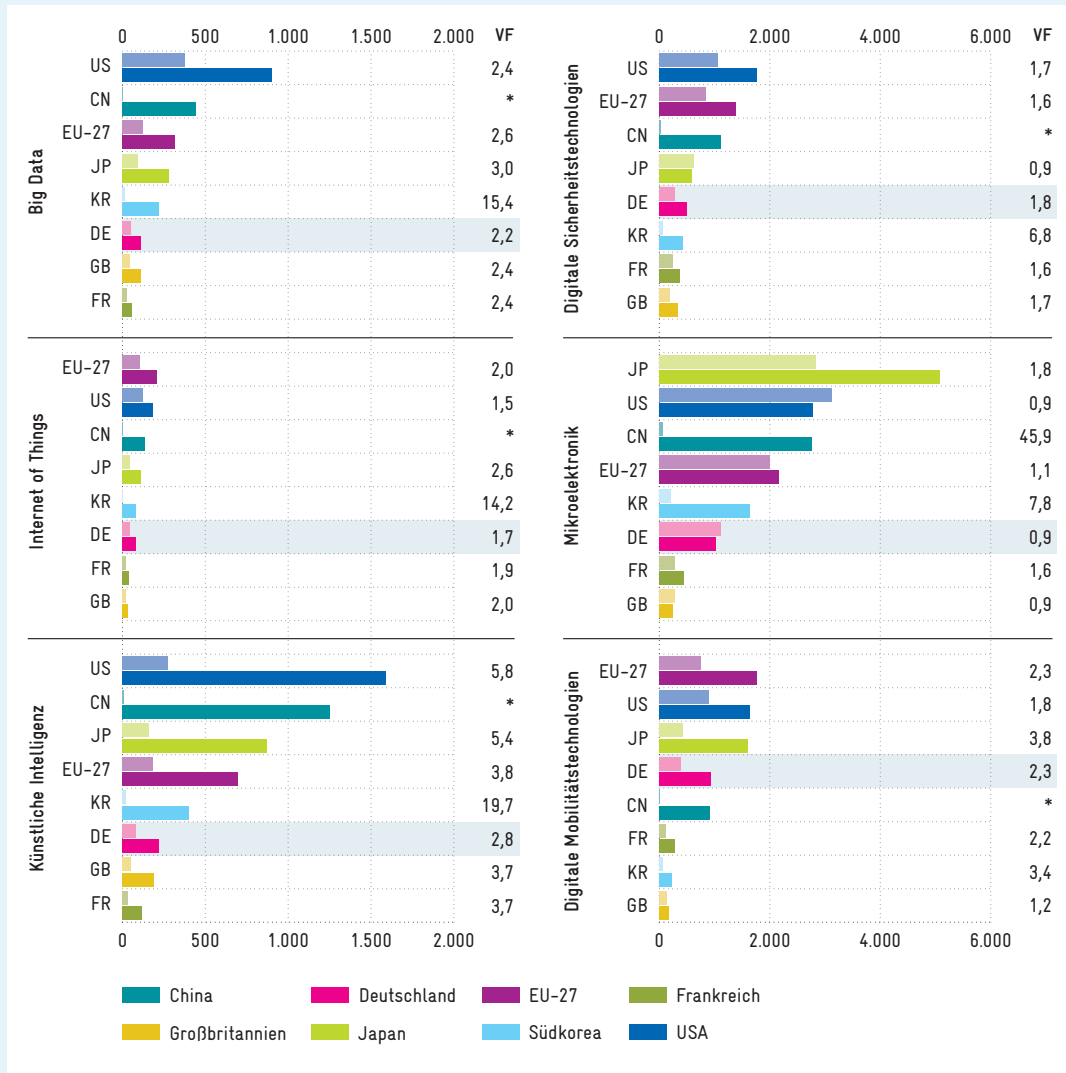
Abb. B 1-4 Mittelwert der transnationalen Patentanmeldungen in den Schlüsseltechnologiebereichen für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2016–2018



Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Anzahl der Patentanmeldungen der Jahre 2000 bis 2002, der dunklere Farbton die der Jahre 2016 bis 2018. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb eines jeden Schlüsseltechnologiebereichs folgt den Mittelwerten der Jahre 2016 bis 2018. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich Patentanmeldungen der letzten drei Jahre zu den Patentanmeldungen der ersten drei Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Patentanmeldungen im betrachteten Zeitraum. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Patentanmeldungen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kroll et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. B 1-5 Mittelwert der transnationalen Patentanmeldungen in Digitalen Technologien für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2016–2018

[Download der Abbildung und Daten](#)

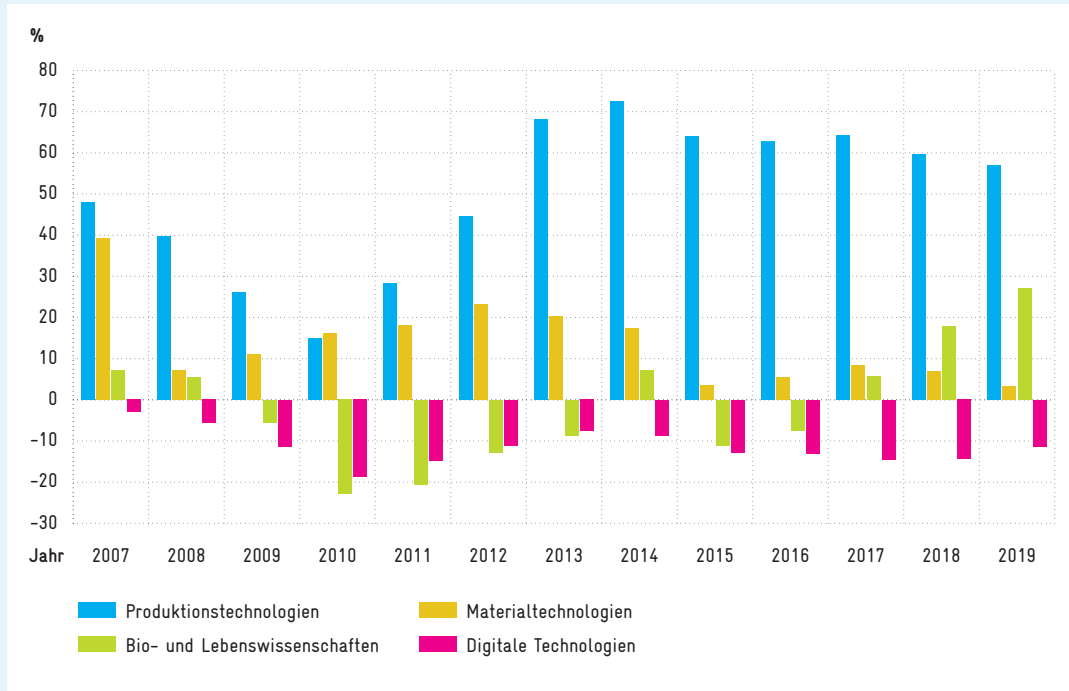


Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Anzahl der Patentanmeldung der Jahre 2000 bis 2002, der dunklere Farbton die der Jahre 2016 bis 2018. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb einer jeden Einzeltechnologie folgt den Mittelwerten der Jahre 2016 bis 2018. Ein einzelnes Patent kann aus inhaltlichen Gründen mehreren Einzeltechnologien zugeordnet sein. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich Patentanmeldungen der letzten drei Jahre zu den Patentanmeldungen der ersten drei Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Patentanmeldungen im betrachteten Zeitraum. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Patentanmeldungen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben. * werden verwendet, wenn der Veränderungsfaktor aufgrund eines geringfügigen Ausgangswerts extreme Werte annimmt.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kroll et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. B 1-6 Relative Handelsbilanz Deutschlands in den Schlüsseltechnologiebereichen 2007–2019 in Prozent

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kroll et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Relative Handelsbilanz: Deutschland bei Digitalen Technologien schwach

Die Handelsbilanz gibt Einblicke in die Exportstärke einer Volkswirtschaft. Eine positive Handelsbilanz entsteht, wenn die Exporte die Importe übersteigen. In Abbildung B 1-6 wird die relative Handelsbilanz¹⁵⁸ definiert als der prozentuale Überschuss der Exporte über die Importe, für Deutschland von 2007 bis 2019 in den vier Schlüsseltechnologiebereichen dargestellt.¹⁵⁹

Dieser Indikator zeigt, dass Deutschland in den Schlüsseltechnologiebereichen der Produktionstechnologien und Materialtechnologien über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg eine relative Exportstärke aufweist, also ein Nettoexporteur ist. Diese relative Exportstärke ist bei Produktionstechnologien am stärksten ausgeprägt. Im Schlüsseltechnologiebereich der Bio- und Lebenswissenschaften liegt die relative Handelsbilanz im Beobachtungszeitraum zeitweise im negativen und zeitweise im positiven Bereich, ist aber seit 2017 klar positiv. Im Bereich der Digitalen Technologien hat Deutschland im gesamten Betrachtungszeit-

raum eine negative relative Handelsbilanz, ist also Nettoimporteur.

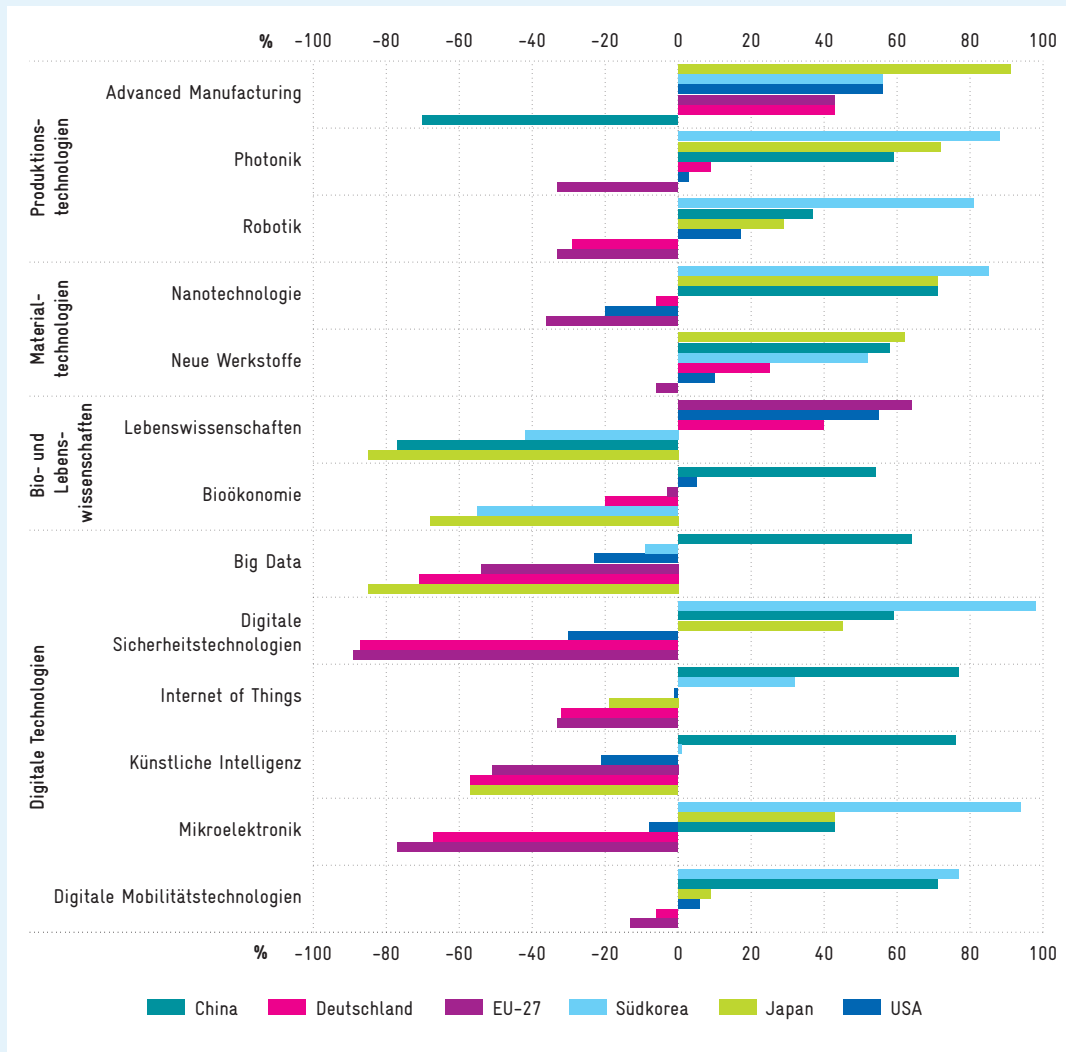
Handelsspezialisierung: Deutschland und EU-27 mit Schwächen

Die Handelsspezialisierung einer Volkswirtschaft und ihre Position im internationalen Vergleich lassen sich anhand des offenbaren komparativen Vorteils (engl. Revealed Comparative Advantage, RCA) beschreiben. Hier beschreibt der RCA den Exportanteil einer Schlüsseltechnologie in einem Land im Verhältnis zum Anteil dieser Schlüsseltechnologie auf dem Weltmarkt.¹⁶⁰ Ist der RCA positiv, hat das Land einen komparativen Handelsvorteil in der jeweiligen Schlüsseltechnologie. Ist der RCA hingegen negativ, deutet dies auf einen komparativen Handelsnachteil hin.

In den Schlüsseltechnologiebereichen Produktionstechnologien, Materialtechnologien und den Technologien der Bio- und Lebenswissenschaften weist Deutschland sowohl komparative Handelsvorteile als auch -nachteile auf (vgl. Abbildung B 1-7). Deutschlands Handelsvorteile liegen in den Einzel-

Abb. B 1-7 Mittelwert des offenbaren komparativen Vorteils in den Einzeltechnologien für ausgewählte Länder und Regionen 2016–2018 in Prozent

[Download der Abbildung und Daten](#)



Ein positiver Wert weist auf einen komparativen Vorteil, ein negativer Wert auf einen komparativen Nachteil hin.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kroll et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

technologien Photonik, Advanced Manufacturing, Neue Werkstoffe sowie in den Lebenswissenschaften. Handelsnachteile lassen sich für Deutschland in der Robotik, Bioökonomie und Nanotechnologie, vor allem aber im gesamten Bereich der Digitalen Technologien nachweisen. Besonders ausgeprägt sind die komparativen Nachteile in den Einzeltechnologien Digitale Sicherheit, Big Data, Mikroelektronik sowie künstliche Intelligenz.

Die EU-27 zeigt ähnliche komparative Vor- und Nachteile wie Deutschland. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Digitalen Technologien, in dem die EU-27 durchweg komparative Nachteile auf-

weist. Demgegenüber verzeichnet China in allen Digitalen Technologien ausgeprägte komparative Handelsvorteile, die von Südkorea in der Mikroelektronik, Digitalen Sicherheit und Digitalen Mobilität sogar noch übertroffen werden.

Wichtigste Herkunftsländer deutscher Importe: China dominierend

Ein Indikator für die unmittelbare Abhängigkeit Deutschlands bei einer Schlüsseltechnologie von einem anderen Land ist der Importanteil. Dieser gibt an, wie viel Prozent der deutschen Importe einer Schlüsseltechnologie aus einem anderen Land

kommen. Ein hoher Wert deutet auf eine mögliche Abhängigkeit hin.¹⁶¹

Die Analyse der Importanteile für die Jahre 2015 bis 2019 zeigt, dass China in neun der 13 Einzeltechnologien die Rangliste der wichtigsten Herkunftsländer deutscher Importe anführt. Die hohe Bedeutung chinesischer Importe zeigt sich insbesondere im Bereich der Digitalen Technologien, da China in fünf von sechs Einzeltechnologien das wichtigste Herkunftsländer ist. Die europäischen Länder spielen als Herkunftsländer deutscher Importe im Vergleich zu China eine nachgeordnete Rolle – außer in der Einzeltechnologie Lebenswissenschaften.¹⁶²

Standardsetzung: Digitale Technologien in Deutschland vernachlässigt

Globale und europäische technologische Standards sind für die Entwicklung und die Verbreitung von Schlüsseltechnologien ein zentraler Faktor. In internationalen Standardisierungskomitees diskutieren und vereinbaren Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft diese Standards.

Anders als Deutschland und viele westliche Staaten belässt China die Setzung von Standards nicht in der Eigenverantwortung der betroffenen Unternehmen und Organisationen, sondern setzt auf ein zentralisiertes und kontrolliertes staatliches Vorgehen.¹⁶³ China hat in den vergangenen Jahren sein Engagement in den Standardisierungsorganisationen massiv ausgebaut. Hingegen scheint es deutschen Unternehmen und Organisationen nicht zu gelingen, sich maßgeblich in Foren für die Aushandlung zukünftiger Standards im besonders dynamischen Schlüsseltechnologiebereich der Digitalen Technologien einzubringen.¹⁶⁴

Kooperationen mit asiatischen Ländern unzureichend

Eine Analyse der wissenschaftlich-technologischen Kooperationsmuster Deutschlands mit anderen Ländern zeigt, dass diese noch immer die Strukturen der 1980er- und 1990er-Jahre widerspiegeln. Während bei deutschen Wissenschaftsorganisationen und Unternehmen enge Kooperationsstrukturen mit europäischen und nordamerikanischen Partnerländern bestehen, die sich in ausgeprägten Ko-Publikations- und Ko-Patentierungsaktivitäten niederschlagen, sind vergleichbare Verbindungen zu den technologisch führenden Unternehmen und

Organisationen in den asiatischen Ländern nicht aufgebaut worden.¹⁶⁵

Dieses Manko könnte im Falle Japans und Südkoreas mit der traditionell geringen internationalen Kooperationsneigung der dortigen Unternehmenssektoren zusammenhängen.¹⁶⁶ Im Falle Chinas ist der Grund dafür außerdem in der zunehmenden staatlichen Steuerung und Kontrolle des Wissenschafts- und Wirtschaftssektors zu sehen sowie in den ungleichen Wettbewerbs- und Kooperationsbedingungen (Unlevel Playing Field) für deutsche und chinesische Akteure.¹⁶⁷ Zudem trägt das wachsende systemische Konkurrenzverhältnis zwischen der westlichen Welt und China dazu bei, dass deutsche Organisationen langfristig angelegte Kooperationen mit China als risikobehaftet wahrnehmen.¹⁶⁸ Es besteht die Gefahr, dass die Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien und damit verbundenes Wissen hierdurch zunehmend eingeschränkt wird.

B 1-3 Förderung von Schlüsseltechnologien als politische Aufgabe

Die Gefahr, dass eine Volkswirtschaft im internationalen Wettbewerb bei Schlüsseltechnologien ins Hintertreffen gerät und damit Einbußen bei der Wohlstands- und Wohlfahrtsentwicklung sowie ihrer Eigenständigkeit hinnehmen muss, führt dazu, dass die Themen Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität in vielen Ländern weit oben auf die politische Agenda gesetzt werden.

Maßnahmen zur Sicherung technologischer Souveränität

Aus den konzeptionellen Überlegungen in Abschnitt B 1-1 lassen sich politische Ansätze ableiten, die prinzipiell mit den folgenden vorgestellten F&I-politischen Maßnahmen adressiert werden können. Diese Maßnahmen werden in unterschiedlicher Kombination und Intensität in der politischen Praxis eingesetzt.

Mit Blick auf die Beherrschung von Schlüsseltechnologien helfen mittel- und langfristig Maßnahmen zum Aufbau von Wissen und Fähigkeiten im Bereich der Schlüsseltechnologien. Hier ist an die Förderung von Wissenschaft und Forschung, Aus- und Weiterbildung sowie akademische Bildung zu denken. Darüber hinaus sollten der Wissens- und Technologietransfer in die Wirtschaft und Gesell-

schaft sowie schlüsseltechnologiespezifische Innovationsaktivitäten gefördert werden.

Industrie- und außenhandelspolitische Maßnahmen können darüber hinaus kurzfristig dafür sorgen, dass die Generierung, die Weiterentwicklung und vor allem die Produktion von Schlüsseltechnologien in einer Volkswirtschaft verbleiben. Subventionen für ausgewählte Schlüsseltechnologien, protektionistische Maßnahmen beim Import von Schlüsseltechnologien oder Maßnahmen zur Exportförderung können dazu beitragen, das Problem der mangelnden Verfügbarkeit und der unzureichenden Beherrschung einer Schlüsseltechnologie zu reduzieren. Maßnahmen dieser Art können bewirken, dass Schlüsseltechnologien im Inland produziert und weiterentwickelt werden (Verfügbarkeit erhöhen) und dass dabei Lerneffekte generiert und genutzt werden können (Beherrschung verbessern).

Der Einsatz industriepolitischer Maßnahmen sollte zeitlich beschränkt sein und frühzeitig erfolgen, wenn eine Schlüsseltechnologie noch jung ist und die Ausschöpfung ihrer technologischen und ökonomischen Potenziale noch am Anfang steht. Gerade in der Frühphase einer neuen Schlüsseltechnologie ist die Gefahr, den Anschluss an die internationale Entwicklung zu verlieren, besonders groß. Hier greift das Argument der Infant Industry Protection oder der Infant Technology Protection. Es besagt, dass neue Industrien oder Technologien so lange vor dem internationalen Wettbewerb zu schützen sind, bis sie reif und stark genug sind, sich diesem Wettbewerb zu stellen.

Die industriepolitische Förderung kann auch so gestaltet werden, dass F&I-Aktivitäten nicht in der gesamten Breite einer Schlüsseltechnologie unterstützt werden, sondern nur in ausgewählten Teilbereichen der Technologie. Dies würde auf eine Struktur intratechnologischer Spezialisierung hinauslaufen, in der mehrere Volkswirtschaften in einer bestimmten Schlüsseltechnologie führend sind, aber jeweils in verschiedenen Teilbereichen oder Nischen. Durch internationalen Handel würden sich die Volkswirtschaften gegenseitig ergänzen.

Auf diese Weise könnten ungleiche Kräfteverhältnisse in Konfliktsituationen ausgeglichen werden. Sollte ein Handelspartner versuchen, seine Position der Stärke in einer Weise zu nutzen, die die technologische Souveränität anderer Volkswirtschaften einschränkt, könnten diese ihrerseits vorhandene

Stärken in (komplementären) technologischen Teilbereichen als Gegendruckmittel einsetzen.

Deutschland: Technologische Souveränität durch eigene Kompetenzen

In Deutschland ist die Debatte um die Beherrschung und Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien zur Absicherung technologischer Souveränität vergleichsweise jung. Die Coronapandemie und die von ihr verursachte Unterbrechung von Wertschöpfungsketten hat den Blick verstärkt auf die eingeschränkte Verfügbarkeit technologischer Komponenten gelenkt. Vor diesem Hintergrund wird nun auch hierzulande verstärkt diskutiert, wie unabhängig Deutschland und die EU in Bezug auf bestimmte Technologien sein müssen.¹⁶⁹ Die Einsetzung eines Rates für technologische Souveränität im September 2021 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) illustriert die gestiegene Bedeutung des Themas innerhalb der Politik.¹⁷⁰

Nach den Vorstellungen des BMBF soll die Sicherung technologischer Souveränität primär mittels des Aufbaus und der Stärkung eigener wissenschaftlich-technologischer Kompetenzen geschehen.¹⁷¹ Durch die Stärkung des deutschen F&I-Systems im Verbund mit den europäischen Partnern soll sichergestellt werden, dass Wissenschaft und Wirtschaft in der Lage sind, „die Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien international auf Augenhöhe und im Sinne unserer Werte mitzugestalten“.¹⁷²

Erst seit Kurzem werden auch industriepolitische Eingriffe in den Marktmechanismus in die Diskussion gebracht. So formuliert das BMBF in seinem Impulspapier zur technologischen Souveränität, dass es erforderlich sein kann, „Schlüsseltechnologien und technologiebasierte Innovationen in Europa eigenständig zu entwickeln und hierfür eigene Produktionskapazitäten aufzubauen, wenn dies zum Erhalt der staatlichen Handlungsfähigkeit oder zur Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten notwendig ist“.¹⁷³ Das BMBF bewegt sich dabei in die Richtung, die das damalige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) bereits zuvor mit seiner Industriestrategie 2030 sowie der Verschärfung der Investitionskontrolle¹⁷⁴ eingeschlagen hat.¹⁷⁵

Zur Stärkung der wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen hat die Bundesregierung in den letzten Jahren verschiedene Strategien zur Förderung von Technologien, darunter auch Schlüsseltechno-

logien, formuliert und verfolgt.¹⁷⁶ Auch in der High-tech-Strategie 2025 wird die Förderung insbesondere von Schlüsseltechnologien durch den Aufbau von wissenschaftlich-technologischen Fähigkeiten in den Blick genommen.¹⁷⁷ Über die eigenen nationalen Initiativen hinaus ist die Bundesregierung auch auf Ebene der EU aktiv, um ausgewählte Schlüsseltechnologien zu fördern und um damit die technologische Souveränität Deutschlands und Europas im Sinne eines Kompetenzerhalts zu sichern.¹⁷⁸

Europäische Union: Technologische Souveränität durch Förderung

Die industriepolitische Förderung von Schlüsseltechnologien, bzw. Key Enabling Technologies (KETs), wurde von der EU bereits 2009 in den Blick genommen.¹⁷⁹ Dabei stand zunächst die Stärkung der industriellen Fertigung im Fokus, erst danach kam die Zieldimension der Technologiesouveränität hinzu.¹⁸⁰ Prominente Beispiele für die Förderung von Schlüsseltechnologien und die wachsende Bedeutung technologischer Souveränität innerhalb des europäischen Förderportfolios sind die Europäischen Partnerschaftsinitiativen¹⁸¹ sowie die Important Projects of Common European Interest (IPCEI).¹⁸² Bisher wurden drei IPCEI-Initiativen, zur Förderung der Mikroelektronik, zur Entwicklung und Produktion von Batteriezellen sowie zur Produktion von Wasserstoff, gestartet.¹⁸³ Weitere Projekte sind geplant.

Die 2020 vorgestellte und bereits ein Jahr später erneuerte Europäische Industriestrategie zielt u. a. auf eine „Stärkung der offenen strategischen Autonomie Europas“¹⁸⁴ ab und soll die Voraussetzung für Investitionen in Schlüsseltechnologien schaffen.¹⁸⁵ Im Rahmen dieser Aktualisierung präsentierte die EU-Kommission auch ein Instrument zur Überwachung strategischer Abhängigkeit der EU von außereuropäischen Produkten und Technologien¹⁸⁶ sowie eine Überarbeitung ihres Wettbewerbsrechts, mit der die wettbewerbsverzerrenden Effekte von ausländischen Subventionen auf den europäischen Binnenmarkt bekämpft werden sollen.¹⁸⁷ Darüber hinaus kündigte die Kommission eine europäische Standardisierungsstrategie an, um europäische Interessen bei der Standardisierung innerhalb und außerhalb der EU zu wahren.¹⁸⁸ Die Maßnahmen machen deutlich, dass sowohl die Frage der Beherrschung als auch die Frage nach der Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien für die EU von zunehmender Bedeutung sind.

China: Technologische Souveränität durch offene Industriepolitik

Das chinesische Verständnis von technologischer Souveränität ist stark durch das Ziel der Beherrschung und Verfügbarkeit geprägt. China möchte mit seiner Industriepolitik nicht nur weltweit führend in einer großen Anzahl von Technologien sein, darunter auch Schlüsseltechnologien, sondern ganze Wertschöpfungsketten dominieren und ausländische Technologieanbieter sukzessive durch inländische ersetzen.¹⁸⁹

Der chinesische Staat fördert langfristig die Entwicklung zahlreicher Schlüsseltechnologien mit massiven Investitionen¹⁹⁰ und forciert das Engagement chinesischer Organisationen in den internationalen Standardisierungsgremien.¹⁹¹ Der Staat nimmt zudem nicht nur eine zentrale lenkende, rahmensetzende und unterstützende Funktion ein. Als Quasiunternehmer und Kapitalgeber ist er selbst maßgeblich an der Umsetzung der eigenen technisch-ökonomischen Vorgaben beteiligt.¹⁹²

Darüber hinaus forciert der Staat den industriellen Kapazitäts- und Kompetenzaufbau im Inland und beschränkt den Zugang zu heimischen Märkten für ausländische Wettbewerber. Ein Beispiel ist das Cybersicherheitsgesetz von 2017 oder das Exportkontrollgesetz von 2020.¹⁹³

USA: Technologische Souveränität durch verdeckte Industriepolitik

Für die USA ist ihr globaler politischer Führungsanspruch eng mit einem technologischen Führungsanspruch verbunden. Um eine Führungsposition in möglichst vielen Schlüsseltechnologien durchzusetzen, betreiben die USA – im Unterschied zu China – eine eher verdeckte Industriepolitik.¹⁹⁴ Dazu wird die Entwicklung und Anwendung ausgewählter Schlüsseltechnologien langfristig durch Formulierung günstiger Rahmenbedingungen sowie gezielte Förderprogramme unterstützt. Beispiele für diese Förderprogramme sind die nationalen Initiativen zu KI, Nanotechnologie und Robotik sowie zu Advanced Manufacturing.¹⁹⁵

Darüber hinaus sind insbesondere seit der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/09 in der US-amerikanischen Industriepolitik staatliche Interventionen und Ansätze expliziter Industriepolitik zunehmend populär geworden.¹⁹⁶ Auch unter der

Biden-Regierung ist eine Industrie- und Handelspolitik zu beobachten, die den Zugang Chinas zum US-Markt reguliert sowie den Export und internationalen Technologietransfer beschränkt.¹⁹⁷ Die USA verfolgen somit den Ansatz, nicht nur die Beherrschung von Schlüsseltechnologien zu fördern, sondern ihre dominierende Stellung in einzelnen Technologien auch durch eine Beschränkung der Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien für konkurrierende Staaten zu sichern.

B 1-4 Handlungsempfehlungen

Bei Publikationen, Patenten und im Außenhandel zeigt Deutschland im internationalen Vergleich Stärken in den Schlüsseltechnologiebereichen der Produktionstechnologien sowie der Bio- und Lebenswissenschaften. Im Bereich der Digitalen Technologien hingegen weist Deutschland, wie auch die EU-27, deutliche Schwächen auf. Damit verlieren sie nicht nur den Anschluss in einem ökonomisch immer bedeutsamer werdenden Technologiebereich, sondern gefährden auch ihre bestehenden Stärken in anderen Schlüsseltechnologiebereichen wie beispielsweise den Produktionstechnologien sowie den Bio- und Lebenswissenschaften, die zunehmend von Digitalen Technologien durchdrungen werden. Dieses Problem wird dadurch verschärft, dass Deutschland insbesondere in den Digitalen Technologien von Importen aus China abhängig ist.

Monitoring und Beratungsgremium für Schlüsseltechnologien etablieren

Anders als in China und in den USA steht die strategische Förderung von Schlüsseltechnologien in Deutschland erst am Anfang. Der Fokus der deutschen Förderbemühungen ist dabei auf den Aufbau von Wissen gerichtet. Ein strategisches Monitoring von Schlüsseltechnologien sowie ein konzertierter Aufbau von Kapazitäten für die Entwicklung und Nutzung von Schlüsseltechnologien im vormarktlischen und marktlichen Bereich finden bislang kaum statt. Daher empfiehlt die Expertenkommission die folgenden Maßnahmen:

- Schlüsseltechnologien und darauf aufbauende Schlüsseltechnologieportfolios müssen anhand klarer und operationalisierbarer Kriterien definiert werden, um sicherzustellen, dass ihre Auswahl nicht von durchsetzungsstarken Einzelinteressen bestimmt wird.

- Schlüsseltechnologien sollten durch kontinuierliche Foresight-Analysen und Monitoring-Prozesse systematisch beobachtet werden. Hierzu sollte die Bundesregierung eine möglichst europäisch besetzte Beobachtungseinheit einrichten, die sich aus mehreren unabhängigen Forschungseinrichtungen zusammensetzt. Ziel dieser Monitoring-Prozesse muss es sein, aktuelle, neu aufkommende und potenzielle Schlüsseltechnologien zu erfassen und hinsichtlich ihrer technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Potenziale zu bewerten.

- Zusätzlich sollte die Bundesregierung ein unabhängiges strategisches Beratungsgremium für Schlüsseltechnologien einrichten. Dieses Gremium hat die Aufgabe, die Informationen der europäisch besetzten Beobachtungseinheit auszuwerten und zu einem kontinuierlich aktualisierten Schlüsseltechnologieportfolio zusammenzustellen. Darüber hinaus sollte das Gremium in regelmäßigen Abständen Handlungsempfehlungen zum Umgang mit ausgewählten Schlüsseltechnologien für die Bundesregierung formulieren.

Förderung europäisch denken und Marktingriffe katalytisch gestalten

Die EU-27 und Deutschland drohen perspektivisch die Fähigkeiten zur Beherrschung wichtiger digitaler Schlüsseltechnologien zu verlieren. Ebenso bestehen Risiken hinsichtlich der Verfügbarkeit dieser Technologien auf internationalen Märkten. Dies kann zu massiven Einschränkungen der technologischen Souveränität nicht nur im Bereich der Digitalen Technologien führen, sondern auch in den anderen Schlüsseltechnologiebereichen, deren Entwicklung zunehmend von Digitalen Technologien abhängt und von diesen angetrieben wird.

- In Schlüsseltechnologiebereichen, in denen sich Technologiesprünge abzeichnen, sollten nicht nur Beiträge zur Grundlagenforschung, sondern auch zu anwendungsorientierten Pilotprojekten gefördert werden. Es gilt, den begleitenden Aufbau entsprechender Kompetenzen in der akademischen Bildung sowie in der Aus- und Weiterbildung frühzeitig einzuleiten.
- Als Reaktion auf Veränderungen im Welt-handelssystem und das zunehmend unter

Druck geratene Ideal gleicher Wettbewerbsbedingungen (Level Playing Field) sollte die Bundesregierung ihre Förderung im Bereich der Schlüsseltechnologien nicht nur auf den vormarktlchen Bereich ausrichten. Zur Förderung potenzieller Schlüsseltechnologien (Infant Technologies) können auch im marktlichen Bereich subventionierende Eingriffe vorgenommen werden, sofern diese einen katalytischen Charakter haben, d.h. eine Anstoßwirkung entfalten und dann wieder zurückgenommen werden.

- Zur Stärkung von Schlüsseltechnologien und der eigenen technologischen Souveränität müssen Deutschland und die EU stärker gemeinsam vorgehen, um eine kritische Masse an Kapazitäten und Aktivitäten zu erreichen.
- Deutschland sollte sich in bestehende europäische Programme wie z. B. die IPCEI-Initiativen verstärkt einbringen und durch Ko-Finanzierung und inhaltliche Beiträge Akzente setzen.
- In Anbetracht der hohen Bedeutung der Digitalen Technologien – insbesondere auch für die Entwicklung anderer Schlüsseltechnologien – sollten gezielt Lösungen für neue Anwendungszusammenhänge an der Schnittfläche von digitalen und anderen Schlüsseltechnologien gefördert werden.

Engagement in Standardisierungskomitees erhöhen

Das deutsche Engagement in den Standardisierungskomitees – insbesondere für Digitale Technologien – ist gering.

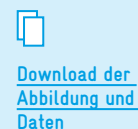
- Entsprechende Anreize, in den internationalen Standardisierungskomitees mitzuwirken, sollten gesetzt werden. Die entstehenden Kosten, die Unternehmen im Zusammenhang mit Standardisierungsvorhaben entstehen, könnten über die Forschungszulage bezuschusst werden.
- Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen sollten verstärkt für das Thema Standardisierung sensibilisiert werden.

Rahmenbedingungen für Kooperationen mit asiatischen Partnern verbessern

Die wissenschaftlich-technischen Kooperationen deutscher Organisationen konzentrieren sich bislang überwiegend auf europäische und US-amerikanische Partner; geeignete Rahmenbedingungen können die Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit ost- und südostasiatischen Ländern unterstützen, die insbesondere in Digitalen Technologien stark sind.

- Die Bundesregierung sollte die Rahmenbedingungen für Kooperationen mit asiatischen Partnern, vor allem in den Digitalen Technologien, verbessern. Dafür sollte eine Kompetenzstelle, wie sie von der Expertenkommission bereits 2020 vorgeschlagen wurde, Informationen über Erfahrungen und Probleme bei Kooperationsprojekten systematisch sammeln, auswerten und Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen zur Verfügung stellen. Darüber hinaus muss ein Level Playing Field mit gleichen Wettbewerbsbedingungen und Handlungsvoraussetzungen für alle beteiligten Akteure hergestellt werden.

B2 Motorisierter Individualverkehr auf dem Weg zur Nachhaltigkeit



Die deutsche Politik steht vor der großen Herausforderung, die Emissionen des Verkehrssektors bereits bis 2045 auf null bringen zu müssen. Der motorisierte Individualverkehr ist ein wesentlicher Verursacher von Treibhausgasemissionen. Eine Reduktion dieser Emissionen lässt sich auf Fahrzeugebene durch den Einsatz neuer Antriebsarten und alternativer Kraftstoffe erreichen. Der batteriebetriebene Pkw erweist sich dafür als die ökologisch und ökonomisch vorteilhafteste Alternative. Außerdem eröffnen Entwicklungen in der Digitalisierung und beim autonomen Fahren Chancen für innovative Mobilitätsangebote, um auch durch Bündelung von Verkehr, insbesondere in Form von Carsharing und Bedarfsverkehr, zur Reduktion von Emissionen beizutragen.

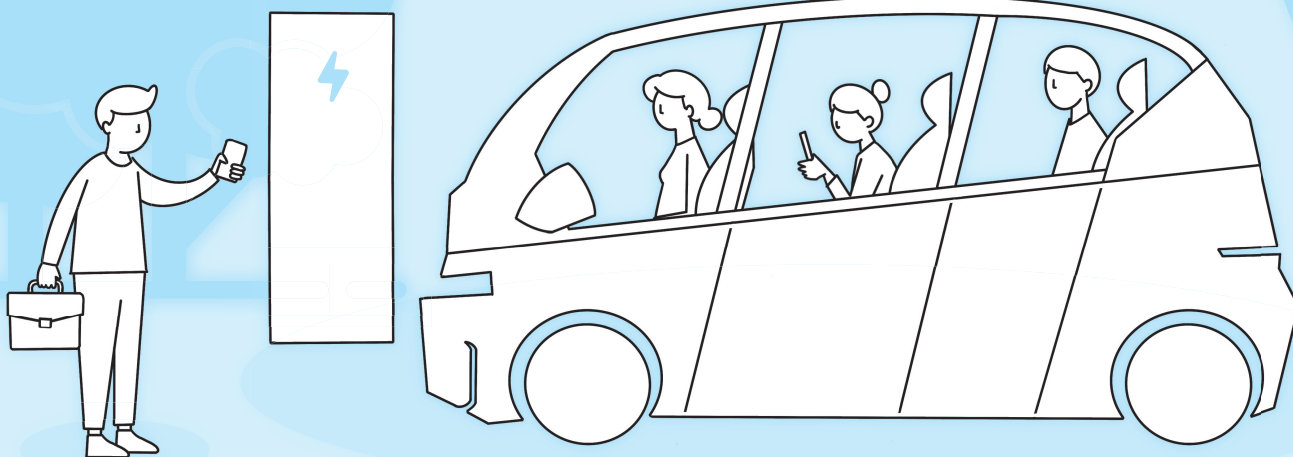
Automatisiertes und autonomes Fahren:

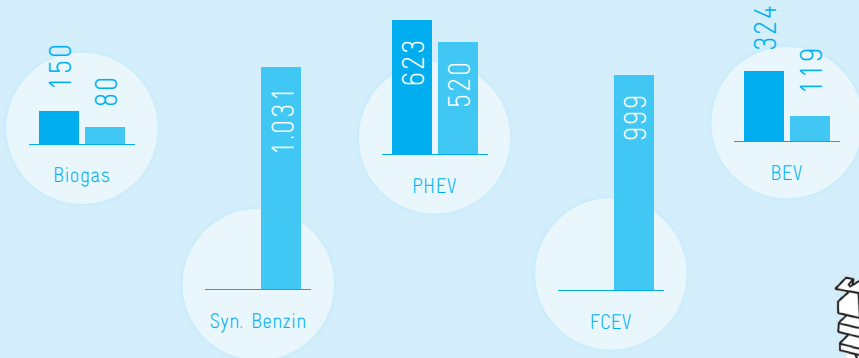
Potenzial für eine nachhaltige Entwicklung im motorisierten Individualverkehr?



Ridepooling-Dienste in Deutschland:

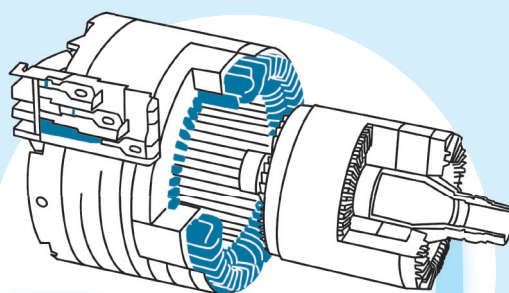
Einsparungspotenzial von Treibhausgasen in Stadt und Land?





THG-Minderungskosten alternativer Antriebe und Kraftstoffe gegenüber einem konventionellen Benziner in € je Tonne CO₂-Äquivalent.

■ 2020 ■ 2030

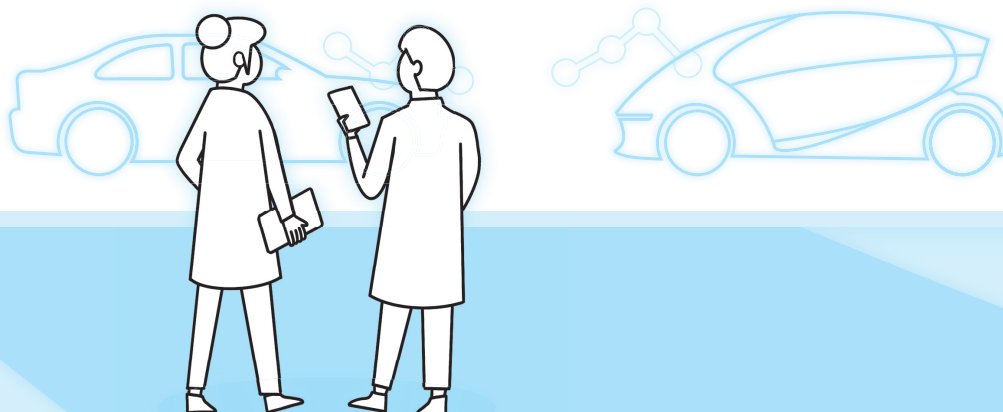
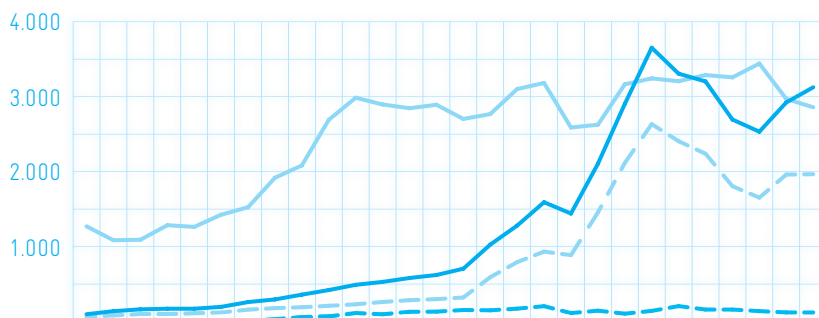


Ökobilanz und Wirtschaftlichkeitsanalyse von konventionellen und alternativen Antriebsarten: Sind alternative Antriebsarten der richtige Weg?

Innovationstätigkeit im Bereich der Antriebsarten und des automatisierten Fahrens: Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?

Anzahl Patentanmeldungen (1990-2017)

- alternative Antriebstechnologien
- Brennstoffzellentechnologien
- batterieelektrische Antriebstechnologien
- konventionelle Antriebstechnologien



B 2 Motorisierter Individualverkehr auf dem Weg zur Nachhaltigkeit

Die deutsche Politik steht vor der großen Herausforderung, die Emissionen des Verkehrssektors bereits bis 2045 auf null bringen zu müssen. Der motorisierte Individualverkehr (MIV) ist ein wesentlicher Verursacher von Treibhausgasemissionen.¹⁹⁸ Eine Reduktion von Emissionen im MIV lässt sich auf verschiedene Arten erreichen: durch eine Verringerung der gesamten zurückgelegten Wege, durch emissionsärmere Fahrzeuge sowie durch Veränderungen in der Wahl der Verkehrsmittel. Dieses Kapitel fokussiert zum einen die Emissionsreduktionen auf Fahrzeugebene durch Einsatz neuer Antriebsarten und alternativer Kraftstoffe. Es untersucht zum anderen, inwieweit Innovationen durch Digitalisierung und automatisiertes Fahren zur Bündelung von Verkehr, insbesondere in Form von Carsharing und Bedarfsverkehr, beitragen können.

Rein batteriebetriebene Elektroautos erweisen sich als die volkswirtschaftlich vorteilhafteste Option zur Emissionsreduktion auf Fahrzeugebene. Ihre Anschaffung und der Betrieb sind aber derzeit ohne flankierende Maßnahmen der Politik wirtschaftlich nicht hinreichend attraktiv. Um die Diffusion von rein batteriebetriebene Elektroautos zu forcieren, bedarf es eines höheren CO₂-Preises und einer gut ausgebauten Ladeinfrastruktur mit kompetitiven und transparenten Preisen.

Im Hinblick auf neue Antriebstechnologien zeigt sich die deutsche Automobilindustrie im internationalen Vergleich gut aufgestellt. Sowohl bei Patentanmeldungen als auch bei Absatzzahlen liegt sie zusammen mit der japanischen an der Weltspitze. Im Bereich automatisierten Fahrens liegen die USA, Deutschland und Japan vorn, wobei die USA im Teilbereich des autonomen Fahrens mit Abstand führend sind.

Für einen breiten Einsatz von autonomen Fahrzeugen zur Bündelung von Verkehr bedarf es noch gesetzlicher Anpassungen. So können sich bessere Angebote und innovative Geschäftsmodelle entwickeln, die den Umstieg vom MIV zu gebündelten Verkehrsformen attraktiver machen.

B2-1 Ökobilanzen alternativer Antriebe

Die Diskussion um schadstoffärmere Antriebe hat verschiedene technologische Entwicklungen angestoßen. Für eine aussagekräftige Bewertung der ökologischen Reduktionspotenziale insbesondere von Treibhausgasen (THG) dieser neuen Antriebsarten hat die Expertenkommission eine Studie beauftragt. In dieser wird für Fahrzeuge der Kompaktklasse die Gesamtheit von THG-Emissionen, der Ausstoß weiterer Luftschadstoffe und der Einsatz kritischer Rohstoffe während der Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase bilanziert.¹⁹⁹ Die zentralen Annahmen dieser Bilanzierung sind in Box B 2-2 dargestellt. Verglichen werden folgende Antriebsarten: konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (ICEV), angetrieben mit Benzin, Diesel, Biogas oder synthetischen Kraftstoffen,²⁰⁰ batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) und Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) (vgl. Box B 2-1).

Maßgebliche Bestimmungsgrößen der Emissionen und der relativen Vorteilhaftigkeit alternativer Antriebsarten sind die eingesetzte Batterietechnologie, die Größe der eingebauten Batterien, die Option von Ersatzbatterien, die Gesamtfahrleistung sowie der in der Stromherstellung eingesetzte Strommix.

Box B 2-1 Konventionelle und alternative Antriebe

ICEV – Benzin/Diesel: Fahrzeuge mit einem konventionellen Verbrennungsmotorantrieb (engl.: Internal Combustion Engine Vehicle) entwickeln kinetische Energie aus der Verbrennung konventioneller Kraftstoffe wie Benzin oder Diesel. Den Kraftstoffen können dabei Biokraftstoffe oder synthetische Kraftstoffe wie Methanol oder Biodiesel beigemischt werden.²⁰¹

ICEV – Gas: Bei Gasantrieben wird Erdgas bzw. Biogas komprimiert und in einem speziellen Tank im Fahrzeug mitgeführt. Es existieren Fahrzeuge mit reinem Gasantrieb sowie Fahrzeuge, die sowohl Benzin als auch Erdgas verwenden können.

BEV: Batterieelektrische Fahrzeuge (engl.: Battery Electric Vehicle) wandeln elektrische Energie in einem Elektromotor in kinetische Energie um. Die Versorgung des Motors mit Energie erfolgt über eine Batterie, die über das Stromnetz und über zurückgeführte Bremsenergie geladen wird.

HEV: Bei hybriden Fahrzeugen (engl.: Hybrid Electric Vehicle) unterstützt ein elektrischer Antrieb den Verbrennungsmotor, um Kraftstoff einzusparen. Beim sogenannten Full-Hybrid²⁰² ist rein elektrisches Fahren bei niedrigen Geschwindigkeiten möglich. Die Ladung der Batterie erfolgt ausschließlich über den Motor und die Rückgewinnung von Bremsenergie.²⁰³

PHEV: Ein Plug-in-Hybrid (engl.: Plug-in Hybrid Electric Vehicle) besitzt im Unterschied zum Full-Hybrid-Fahrzeug eine Ladevorrichtung, um die Batterie direkt über das Stromnetz zu laden.²⁰⁴

FCEV: Bei Brennstoffzellenfahrzeugen (engl.: Fuel Cell Electric Vehicle) wird die Energie zum Betrieb eines Elektromotors aus der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff in einer Brennstoffzelle erzeugt. Eine im Vergleich zu BEV kleine Batterie dient dem Ausgleich und der Zwischenspeicherung der produzierten Energie der Brennstoffzelle sowie zurückgewonnener Bremsenergie.²⁰⁵

Vergleicht man Fahrzeuge auf dem aktuellen Stand der Technik, die im Jahr 2020 gekauft werden, zeigt sich, dass BEV, FCEV und PHEV bei Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge deutlich mehr THG-Emissionen erzeugen als konventionelle Benzin- und Dieselfahrzeuge (vgl. Abbildung B 2-3). Die THG-Emissionen in der Herstellung sind über alle Antriebsarten hinweg 2030 nur geringfügig niedriger als 2020.²⁰⁶ Bei benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen sind die Emissionen in der Fahrzeugherstellung wegen der angenommenen Umstellung auf Hybridantriebe 2030 höher als 2020. Bei BEV sinken die Emissionen durch verbesserte Herstellungsverfahren bis 2030. Diese Reduktion wird jedoch durch die größeren Batteriekapazitäten weitestgehend wieder aufgezehrt. FCEV weisen 2020, aber auch trotz erheblichen technologischen Fortschritts 2030, die höchsten Emissionen in der Herstellung auf.

Über die gesamte Lebensdauer verursachen mit Biogas angetriebene Fahrzeuge die niedrigsten THG-Emissionen (vgl. Abbildung B 2-4).²⁰⁷ Biogas ist je-

doch keine hinreichend skalierbare Option.²⁰⁸ Unter den neuen Technologien weisen BEV bereits 2020 die geringsten THG-Emissionen auf. Sie sind nur etwa halb so hoch wie bei einem konventionellen Benzin-²⁰⁹ FCEV haben 2020 gegenüber konventionellen Antrieben noch keine Vorteile. Dies ändert sich jedoch 2030, weil dann der hohe Energiebedarf zur Herstellung des in der Nutzung benötigten Wasserstoffs mit einem emissionsärmeren Strommix gedeckt wird. FCEV schneiden im Vergleich aber immer noch schlechter ab als BEV. Ein ähnliches Bild zeigt sich für mit synthetischen Kraftstoffen betriebene ICEV. Bei PHEV hängen die THG-Emissionen entscheidend vom Fahr- und Ladeverhalten ab. Werden diese Fahrzeuge wie Benzin-erfahren, erhöhen sich die Emissionen im Vergleich zum Benzin-er sogar aufgrund des höheren Gewichts und der aufwendigeren Technik.^{210, 211}

Neben Treibhausgasen emittiert der Verkehr maßgeblich weitere umweltbelastende Schadstoffe, vornehmlich Stickoxide (NO_x)²¹² und Feinstaub.²¹³ Bei diesen dominieren mittlerweile – bedingt durch

Box B 2-2 Annahmen zu Fahrzeugen, Batterien und Strommix

Die Studie betrachtet die Umweltbilanz und die Wirtschaftlichkeit eines Fahrzeugs der Kompaktklasse (z.B. Ford Focus, VW Golf, Toyota Corolla), das im Jahr 2020 bzw. 2030 angeschafft und über 15 Jahre gefahren wird. Es wird dabei weitestgehend von realistischem Fahrverhalten ausgegangen. Bei PHEV wird ein Ladeverhalten angenommen, das eine Nutzung des elektrischen Fahranteils ermöglicht. Im Gegensatz hierzu

zeigen empirische Ergebnisse aus Plötz et al. (2020) eine deutlich geringere Nutzung des elektrischen Antriebs bei PHEV. Die Fahrzeugbatterien werden 2020 noch in Übersee (China, Südkorea, Japan, USA) produziert. Für 2030 unterstellt die Studie eine Zellfertigung in Europa und damit einen europäischen Strommix in der Batterieproduktion. Das modellierte Fahrzeug nutzt Nickel-Mangan-Kobalt-Batterien, bei denen durch technologischen Fortschritt der Anteil an Kobalt bis 2030 gesenkt und zugleich eine höhere Energiedichte erreicht wird.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Annahmen zum Fahrzeug und zur Batterie	2020	2030
Fahrleistung über das Fahrzeugleben	187.500 km	187.500 km
Lebensdauer des Fahrzeugs	15 Jahre	15 Jahre
Realer Kraftstoff-/Energieverbrauch je 100 Kilometer		
— ICEV-Benzin	7,1 l	5,6 l
— ICEV-Diesel	5,9 l	5,5 l
— ICEV-Gas	4,7 kg	3,8 kg
— BEV	18,8 kWh	16,9 kWh
— PHEV	3,4 l + 11 kWh	1,8 l + 13,2 kWh
— FCEV	1 kg	0,8 kg
Durchschnittskapazität der Fahrzeugbatterie bei BEV (Fahrzeugreichweite)	55 kWh (ca. 290 km)	69 kWh (ca. 410 km)
Es wird eine Batterie je Fahrzeugleben unterstellt.		
Energiedichte je Kilogramm	150 Wh	200 Wh
Annahmen zum Strommix	2020	2030
THG-Emissionen aus der Stromerzeugung je kWh	470 g	146 g

Die unterstellte Entwicklung des Strommix folgt dem Treibhausgasneutralen Szenario des ehemaligen Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)²¹⁴ das unterstellt, dass die THG-Emissionen in Deutschland durch eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien von 1990 bis 2030 um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent sinken. Bei ICEV-Benzin und ICEV-Diesel wird 2030 eine Umstellung auf Hybridantriebe angenommen. HEV werden in der Studie nicht gesondert betrachtet.

stetige Verschärfungen der Abgasgrenzwerte – die Emissionen der Strom- und Fahrzeugherstellung. Die über die gesamte Lebensdauer gerechnet geringsten NO_x- und Feinstaubemissionen weisen dabei konventionelle Fahrzeuge auf. Während bei BEV die NO_x-Emissionen leicht und die von Feinstaub deutlich über denen konventioneller Fahrzeuge liegen, schneiden FCEV und Fahrzeuge mit synthetischen Kraftstoffen bei beiden Schadstoffen am schlechtesten ab.²¹⁵

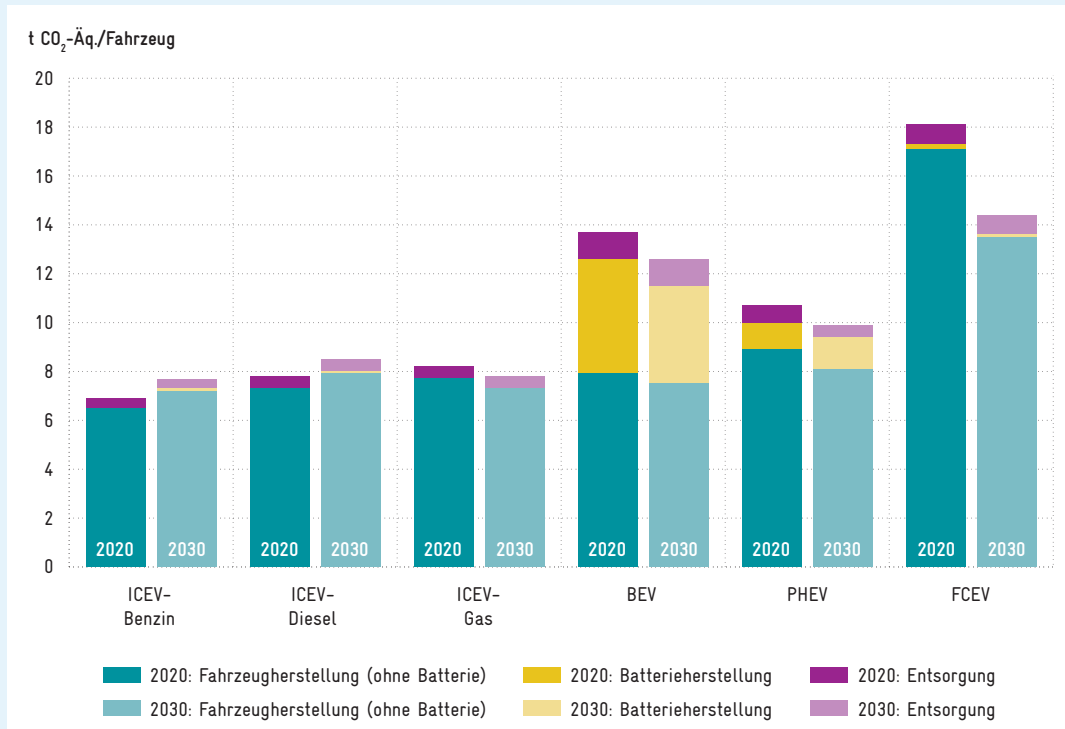
Trotz der erhöhten NO_x-Emissionen von BEV verbessert die Verlagerung dieser Emissionen vom Auspuff an die Schornsteine der Kraftwerke und Herstellungsstätten die Luftqualität in verkehrs-

nahen, städtischen Gebieten. Dies ist ein Aspekt, der bei der Bewertung elektrisch angetriebener Fahrzeuge positiv zu Buche schlägt.²¹⁶

Bei einer Bewertung der Nachhaltigkeit alternativer Antriebe muss auch der Einsatz kritischer Rohstoffe berücksichtigt werden, deren Abbau in den Förderländern erhebliche externe Umweltkosten verursacht. Bei der Batterieherstellung fallen neben anderen kritischen Rohstoffen vor allem Kobalt und Lithium ins Gewicht,²¹⁷ bei Brennstoffzellen sind es vor allem Elemente der Platingruppe, von denen beim jetzigen Stand der Technik große Mengen benötigt würden.²¹⁸ Da bei steigender Nachfrage von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben trotz zu

Abb. B 2-3 THG-Emissionen der Fahrzeugherstellung und -entsorgung für ein 2020/2030 angeschafftes Kompaktfahrzeug in Tonnen CO₂-Äquivalent

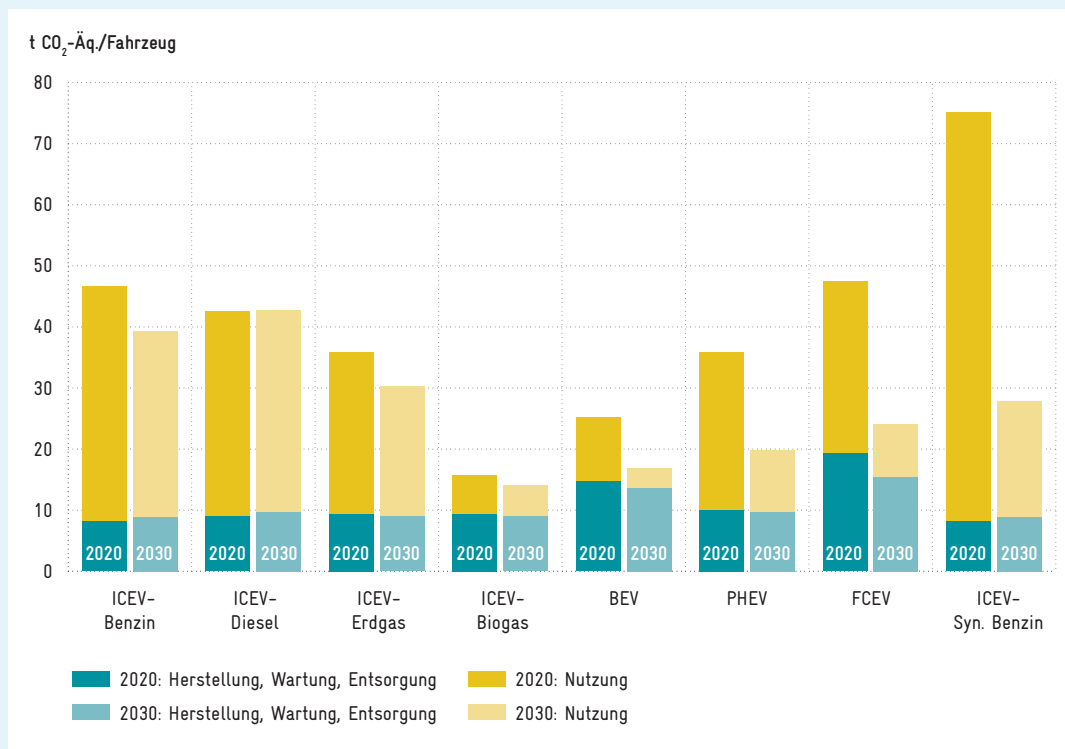
[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Wietschel et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. B 2-4 THG-Emissionen über das Fahrzeugleben für ein 2020/2030 angeschafftes Kompaktfahrzeug in Tonnen CO₂-Äquivalent

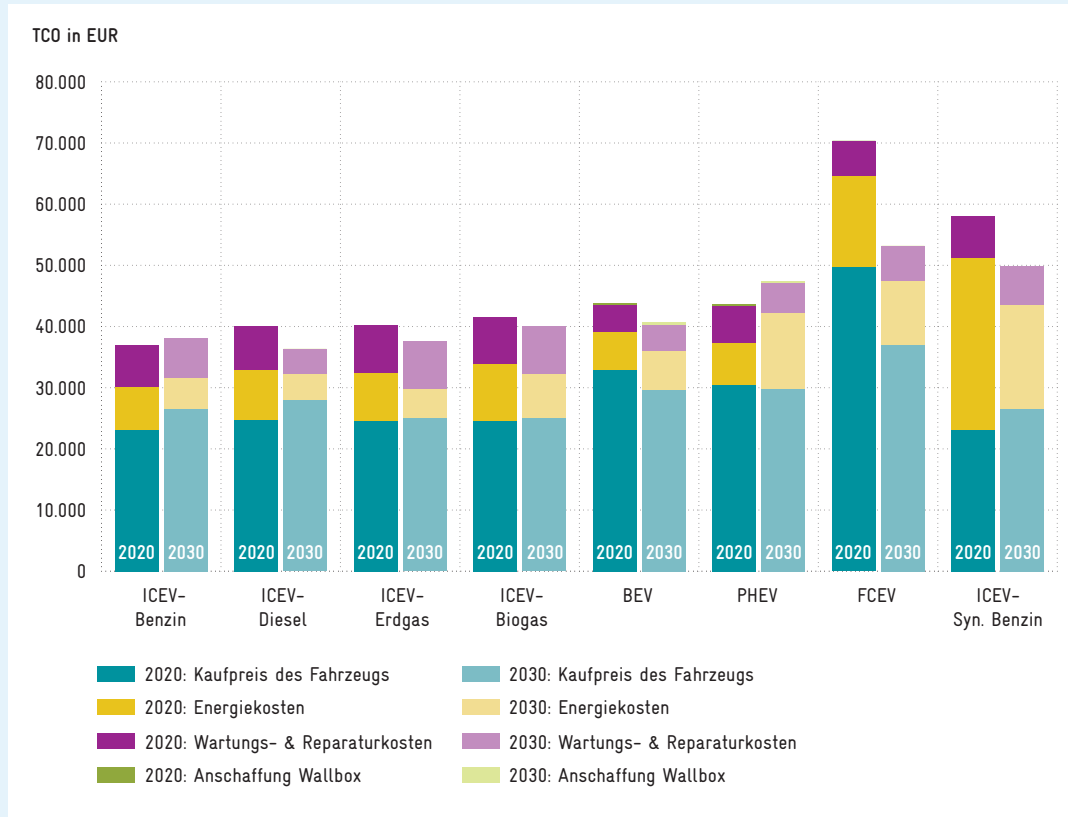
[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Wietschel et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. B 2-5 TCO-Ergebnisse für ein 2020/2030 angeschafftes Kompaktfahrzeug in Euro

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Kaufpreis des Fahrzeugs ggf. inklusive Batterie.
 Energiekosten: Diese beinhalten je nach Antriebsart die Ausgaben für Benzin, Diesel, Gas, Strom und synthetische Kraftstoffe, die während der Fahrzeugnutzung verbraucht werden.
 Wartungs- und Reparaturkosten: In der Nutzungsphase entstehen Kosten für Wartungen und Reparaturen. Diese umfassen alle Ausgaben für die Aufrechterhaltung eines fahrbereiten Zustands des Fahrzeugs, die nicht zu den Energiekosten gehören.
 Anschaffung Wallbox: Dies beinhaltet die Kosten der Anschaffung einer Ladestation, die eine Aufladung von PHEV und BEV über den haus-eigenen Stromanschluss ermöglicht.
 Alle Preise sind als Nettopreise zu verstehen.
 Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Wietschel et al. (2022).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

erwartenden technologischen Fortschritts und Recyclings der Bedarf an kritischen Rohstoffen steigen wird, ist es angezeigt, die Entwicklung von Batterien, die auf solche Rohstoffe weitestgehend verzichten – z.B. Natrium-Ionen-Batterien²¹⁹ –, voranzutreiben.^{220, 221}

Ressourcenverbrauch verschiedener Antriebsarten im Vergleich

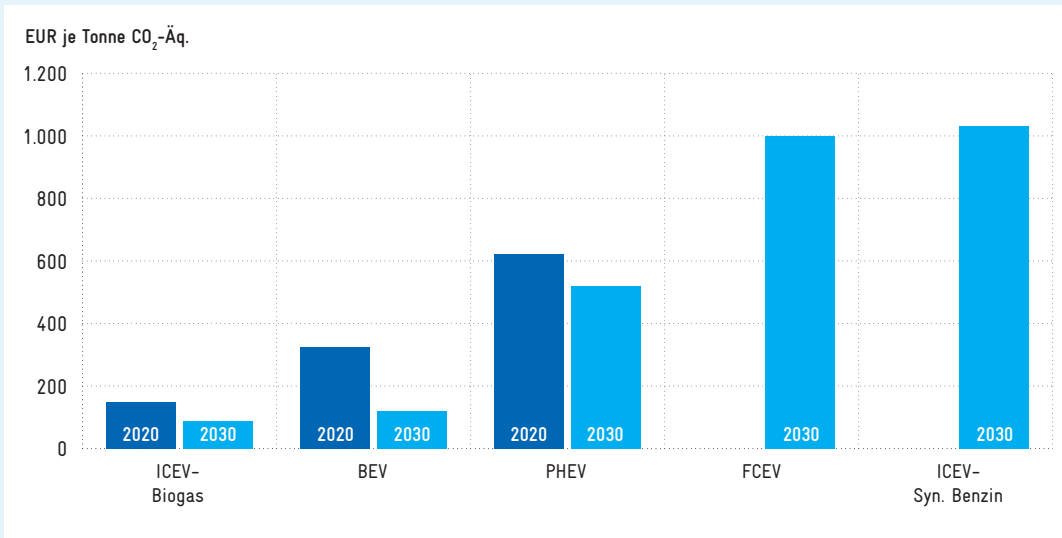
Fahrzeuge mit alternativen Antrieben sind in der Anschaffung momentan noch deutlich teurer als konventionelle Fahrzeuge. Die verschiedenen Antriebsarten können aus volkswirtschaftlicher Perspektive auf Basis der sogenannten Total Cost of Ownership (TCO) miteinander verglichen werden.

Die TCO bewerten den unmittelbaren Ressourcenverbrauch bei der Herstellung, der Nutzung und der Entsorgung eines Fahrzeugs über die gesamte Lebensdauer zu Marktpreisen.²²²

Abbildung B 2-5 zeigt Ergebnisse von im Auftrag der Expertenkommission vom Fraunhofer ISI durchgeführten TCO-Berechnungen. Bei konventionellen ICEV sind demnach die Kosten des unmittelbaren Ressourcenverbrauchs 2020 und 2030 am niedrigsten. Auch die TCO von Biogas sind relativ niedrig. Bei BEV sind die TCO 2020 um 7.000 Euro höher als beim konventionellen Benziner. Bei FCEV bzw. bei mit synthetischen Kraftstoffen betriebenen ICEV beträgt diese Differenz 33.500 Euro bzw. 21.000 Euro. 2030 sind die TCO für Fahrzeuge mit

Abb. B 2-6 THG-Minderungskosten der alternativen Antriebsarten und Kraftstoffe gegenüber einem konventionellen Benziner 2020/2030 in Euro je Tonne CO₂-Äquivalent

 [Download der Abbildung und Daten](#)



THG-Minderungskosten für FCEV und ICEV – Syn. Benzin lassen sich 2020 nicht sinnvoll angeben, weil diese 2020 sogar höhere THG-Emissionen als ein konventioneller Benziner aufweisen.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Wietschel et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

alternativen Antrieben, außer für PHEV, zwar ein gutes Stück niedriger als 2020, die Kosten des Ressourcenverbrauchs gegenüber dem konventionellen ICEV sind aber immer noch höher.

Die höheren Kosten der BEV sind vor allem durch die Herstellungskosten der Batterien, die für FCEV und mit synthetischen Kraftstoffen betriebenen ICEV durch die hohen Energieverbräuche für die Herstellung von Wasserstoff bzw. synthetischen Kraftstoffen bedingt.²²³

Kosten der Treibhausgasreduzierung bei BEV relativ gering

Anhand der Differenzen der TCO und der Emissionen je Fahrzeugleben zwischen einem Fahrzeug mit alternativem Antrieb und einem Fahrzeug mit konventionellem Antrieb lässt sich bestimmen, was es kostet, durch einen Antriebswechsel eine Tonne CO₂ einzusparen. Abbildung B 2-6 zeigt diese THG-Minderungskosten für 2020 und 2030. Hierbei dient ein konventioneller Benziner als Referenz. Der – allerdings schwer skalierbare – ICEV-Biogas-Antrieb weist in beiden Jahren die niedrigsten THG-Minderungskosten auf. Bei BEV liegen die THG-Minderungskosten etwas, bei PHEV deutlich höher.²²⁴

FCEV und mit synthetischen Kraftstoffen betankte Fahrzeuge erzeugen 2020 sogar höhere THG-Emissionen als ein konventioneller Benziner, sodass THG-Minderungskosten nicht sinnvoll angegeben werden können. 2030 erzeugen sie zwar weniger THG-Emissionen als der Referenzantrieb, ihre THG-Minderungskosten sind aber aufgrund des hohen Strombedarfs mit Abstand am höchsten.

Die TCO berücksichtigen nicht die externen Effekte, die durch den Ausstoß von THG bei Herstellung und Nutzung der Fahrzeuge der unterschiedlichen Antriebsarten entstehen. Ein Wechsel zu einer alternativen Antriebsart ist aus volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft, wenn die externen Kosten des konventionellen Antriebs je Tonne CO₂ höher sind als die oben bestimmten Mehrkosten der TCO (vgl. Abbildung B 2-5) bedingt durch den Antriebswechsel. Legt man den vom Umweltbundesamt (UBA) errechneten Schätzwert der externen CO₂-Kosten von 215 Euro je Tonne CO₂-Äquivalent zugrunde, so zeigt sich, dass die Mehrkosten von BEV 2020 die externen Kosten übersteigen. 2030 aber liegen sie darunter, ein Wechsel vom konventionellen Benziner zum BEV ist dann also volkswirtschaftlich vorteilhaft. Die übrigen alternativen Antriebsarten haben dagegen – von der nicht hochskalierbaren

Option von Biogas abgesehen – selbst 2030 eine negative volkswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Bilanz.

Kaufprämien bedingt zielführend

Derzeit fördert die Bundesregierung den Kauf eines BEV mit bis zu 9.000 Euro sowie mit einem Erlass der Kfz-Steuer über zehn Jahre im Gesamtwert von 2.000 Euro bis 3.000 Euro. Bei einer Einsparung von rund 20 Tonnen CO₂ über den Lebenszyklus eines Fahrzeugs der Kompaktklasse (vgl. Abbildung B 2-4) kostet die Minderung einer Tonne den Staat somit 550 Euro bis 600 Euro je Tonne CO₂-Äquivalent, was die tatsächlichen Vermeidungskosten deutlich übersteigt.

Dennoch kann es Gründe geben, die eine Anschubfinanzierung rechtfertigen. Fahrzeuge mit alternativen Antrieben sind neue Produkte, bei denen noch mit Kostendegressionen durch Lern- und Skaleneffekte zu rechnen ist, die der Markt nur unvollständig belohnt.²²⁵ Zudem kann eine Förderung des Kaufs von Fahrzeugen mit neuen Antrieben direkte und indirekte Netzwerkeffekte anstoßen. Fahrzeuge mit neuen Antrieben werden für Nutzerinnen und Nutzer umso attraktiver, je dichter die Ladeinfrastruktur wird. Der Netzausbau für private Anbieter von Ladestationen lohnt sich umgekehrt umso mehr, je mehr Fahrzeuge mit entsprechenden alternativen Antrieben unterwegs sind. Eine Kaufprämie kann hier die Auflösung dieses Henne-Ei-Problems anstoßen.

Die Kaufprämie entfaltet jedoch im Gegensatz zu einem CO₂-Preis keine Lenkungswirkung im Hinblick auf emissionsintensive Fahrweisen. Weiterhin können teilweise Mitnahmeeffekte nicht ausgeschlossen werden. So lässt sich beobachten, dass die bestehende Kaufprämie darüber hinaus überproportional für PHEV und relativ schwere, verbrauchs- und somit emissionsintensive Fahrzeuge in Anspruch genommen wird.²²⁶ Schließlich erzeugen Pauschalanreize wie die Kaufprämie typischerweise Reboundeffekte.²²⁷

Änderungsbedarf bei Kaufanreizen

Es stellt sich die Frage, wie der Staat beim Autokauf hinreichende Anreize für den Umstieg auf einen alternativen Antrieb setzen kann. Für die Umstiegsentscheidung sind neben den TCO und dem CO₂-Preis die Steuern auf Benzin und Diesel sowie die Kfz-Steuer maßgeblich.²²⁸ Weil der Kraft-

stoffverbrauch mit höheren THG-Emissionen einhergeht, wirken die Steuern auf den Kraftstoff bei ICEV letztlich wie ein CO₂-Preis. So entspricht die derzeitige Benzinsteuern etwa einem Preis von 220 Euro je Tonne CO₂, liegt also annähernd auf dem Niveau der vom UBA ermittelten Umweltkosten der THG-Emissionen von 215 Euro je Tonne.²²⁹ Ein solcher Preis stellt erst 2030 einen ausreichend hohen Anreiz dar, von einem Benziner auf ein BEV umzusteigen. Wie oben gezeigt, sind die Kostennachteile je eingesparter Tonne CO₂, wenn ein Pkw mit alternativem Antrieb statt eines konventionellen Benziners angeschafft wird, derzeit noch durchweg größer. Darum sind noch zusätzliche Anreize, wie eine Kaufprämie, erforderlich, um die Kaufentscheidung in Richtung nachhaltigerer Antriebsarten zu lenken.

Neben einer Kaufprämie gibt es dafür weitere Möglichkeiten. Eine – im Koalitionsvertrag vorgesehene – Alternative besteht darin, die Kfz-Steuer nach Antriebsarten zu differenzieren, sodass sie den Ausstoß von CO₂ und anderen Schadstoffen mitberücksichtigt. Die Differenz zwischen den Kfz-Steuersätzen für ICEV und denen für alternative Antriebsarten müsste dann hinreichend groß sein, damit sich ein Umstieg lohnt. Ein solches Instrument wirkt dann ähnlich wie eine Kaufprämie.

Eine weitere Alternative besteht darin, anstelle einer pauschalen Besteuerung der Fahrzeughaltung, wie durch die Kfz-Steuer, die mit der Nutzung verbundenen externen Effekte und die zurückgelegten Kilometer direkt zu bepreisen. Insbesondere könnte eine Erhöhung der Kraftstoffsteuern²³⁰ und ein umfassendes Straßenmautsystem entsprechende Lenkungswirkungen in der Fahrzeugnutzung entfalten. Kfz-Steuern würden ganz entfallen.

Preistransparenz und Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig

Um indirekte Netzwerkeffekte zu fördern, wäre die Verbesserung der Ladeinfrastruktur der wirksamere Hebel, da sie zum einen im Gegensatz zur Kaufprämie vielen Nutzern direkt zugutekommt²³¹ und zum anderen die für den Staat sehr teure Kaufprämie besser durch Kaufanreize über die CO₂-Bepreisung ersetzt werden kann. Neben einer Erweiterung des Bestandes an Schnellladestationen, für die bereits auf Basis des Schnellladegesetzes rund zwei Milliarden Euro bereitgestellt wurden,²³² sind Regeln für transparente Preisangaben an Ladesäulen

sowie technologische Kompatibilität notwendig, um über den Wettbewerb niedrige Preise zum Laden von Elektroautos und anderen alternativen Antriebsarten zu generieren. Aktuell ist der Markt zum Aufladen von Elektroautos jedoch durch eine Fragmentierung mit unübersichtlichen technologischen Schnittstellen und unterschiedlichen Bezahlssystemen charakterisiert, die es erschwert, Preise zu vergleichen und günstige Ladestationen zu finden.²³³

Da FCEV auf absehbare Zeit weder ökologisch effizient noch wirtschaftlich sind, besteht keine Notwendigkeit, das noch dünne Wasserstofftankstellennetz²³⁴ für den MIV derzeit weiter auszubauen. Zudem arbeitet die Forschung an der Entwicklung einer neuen Generation von Wasserstoffspeichern – der sogenannten „Liquid Organic Hydrogen Carrier“-Technologie²³⁵ – die es erlauben, Wasserstoff mithilfe flüssiger Trägermedien zu speichern und zu transportieren. Damit ließe sich die vorhandene Logistik der Mineralölwirtschaft mit relativ geringem Aufwand umfunktionieren und weiterhin nutzen.

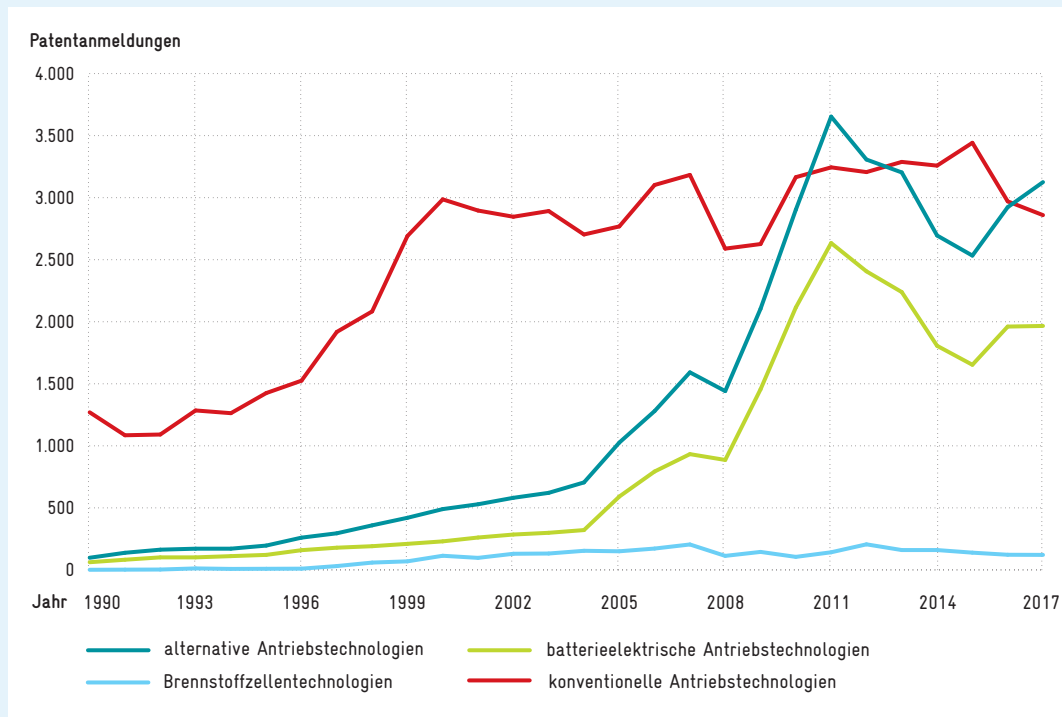
B 2-2 Patentaktivitäten und Absatz im Bereich alternativer Antriebe

Im Folgenden werden Patentaktivitäten und Marktanteile im Bereich alternativer Antriebstechnologien global und ländervergleichend betrachtet, um die jeweilige Position Deutschlands im internationalen Wettbewerb abzubilden. Die Basis dafür ist eine von der Expertenkommission beauftragte Untersuchung zu einschlägigen transnationalen Patentanmeldungen im Zeitraum von 1990 bis 2017²³⁶ sowie zu Pkw-Absatzzahlen nach Antriebsarten im Zeitraum von 2010 bis 2020.²³⁷

Patentaktivitäten im Bereich alternativer Antriebe wachsen weltweit stark

Weltweit ist die Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebe seit 2004 stark angestiegen. Sie bewegt sich seit 2011 auf einem ähnlichen Niveau wie die Anzahl der Patentanmeldungen im Bereich der konventionellen Antriebe (vgl. Abbildung B 2-7).²³⁸ Der Anstieg wur-

Abb. B 2-7 Anzahl transnationaler Patentanmeldungen in den Bereichen konventioneller und alternativer Antriebstechnologien 1990–2017



[Download der Abbildung und Daten](#)

Alternative Antriebstechnologien umfassen neben Patentanmeldungen zu batterieelektrischen Antrieben und Brennstoffzellen auch Anmeldungen in den Bereichen Leistungselektronik und Ladesystemen, die hier nicht einzeln abgebildet sind. Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung basierend auf Sievers und Grimm (2022). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

de überwiegend von den Patentanmeldungen im Bereich der batterieelektrischen Antriebe getragen.

Aufholen Deutschlands bei Patenten zu alternativen Antrieben

Ein internationaler Vergleich der transnationalen Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebe zeigt, dass die starke Zunahme in den Jahren 2004 bis 2010 vor allem auf Japan zurückgeht. Seitdem waren die von dort kommenden transnationalen Patentanmeldungen jedoch stark rückläufig.²³⁹ Dagegen ist für Deutschland und – auf niedrigerem Niveau – auch für China²⁴⁰ und die USA insbesondere seit 2014 eine positive Dynamik zu verzeichnen (vgl. Abbildung B 2-8). 2017 lag Deutschland mit 758 transnationalen Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebe nahezu gleichauf mit Japan – vor den USA und China mit jeweils an die 400 Patentanmeldungen.

Normierte relative Patentanteile (RPA) sind ein Maß für die Spezialisierung von Ländern in einem

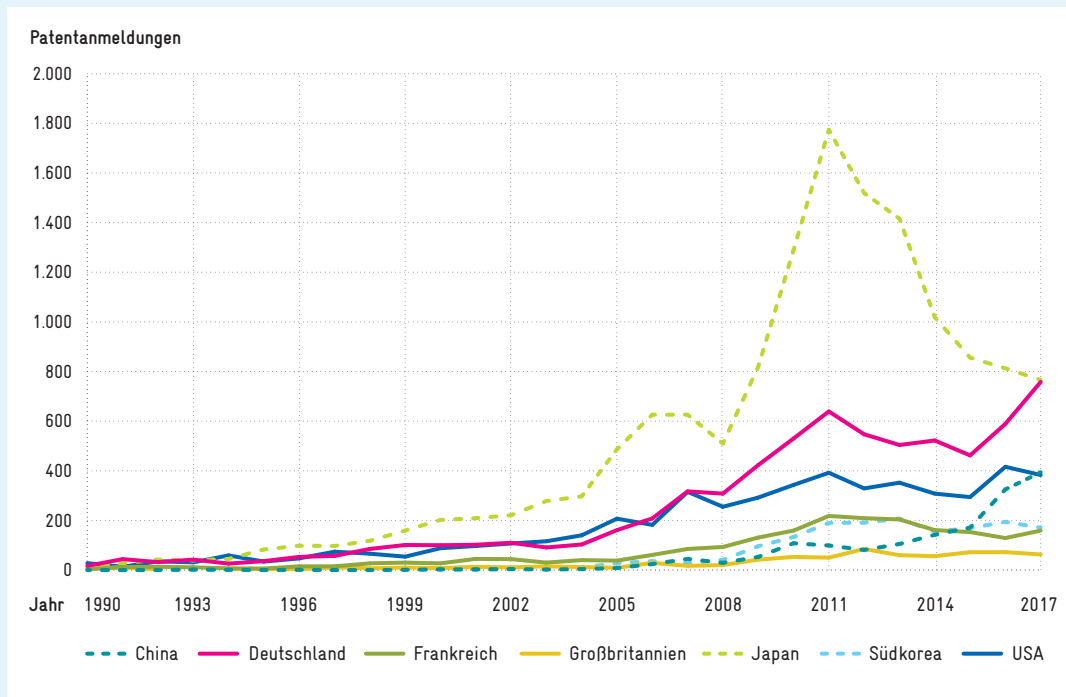
bestimmten Patentbereich.²⁴¹ Abbildung B 2-9 zeigt die normierten RPA alternativer Antriebstechnologien. Ein positiver Wert gibt eine Spezialisierung in diesem Bereich an. Die Entwicklung des RPA von 2005 bis 2017 zeigt für Deutschland und insbesondere China eine zunehmende Spezialisierung bei diesen Technologien. Für die USA und Japan zeigt sich eine gegenläufige Entwicklung.

Absatzzahlen alternativer Antriebe steigend

Neben der sich in den Patentanmeldungen spiegelnden Innovationstätigkeit ist die Marktdurchdringung alternativer Antriebstechnologien innerhalb einzelner Länder für eine nachhaltigkeitsorientierte Mobilitätswende von großer Bedeutung. Die Entwicklung der anteiligen Neuzulassungen bei den verschiedenen Antriebsarten im Zeitraum von 2010 bis 2020 wird im Folgenden für Deutschland und ausgewählte Vergleichsländer betrachtet.

Im Jahr 2020 kam es in Deutschland – ausgehend von niedrigem Niveau – zu einem deutlichen Anstieg

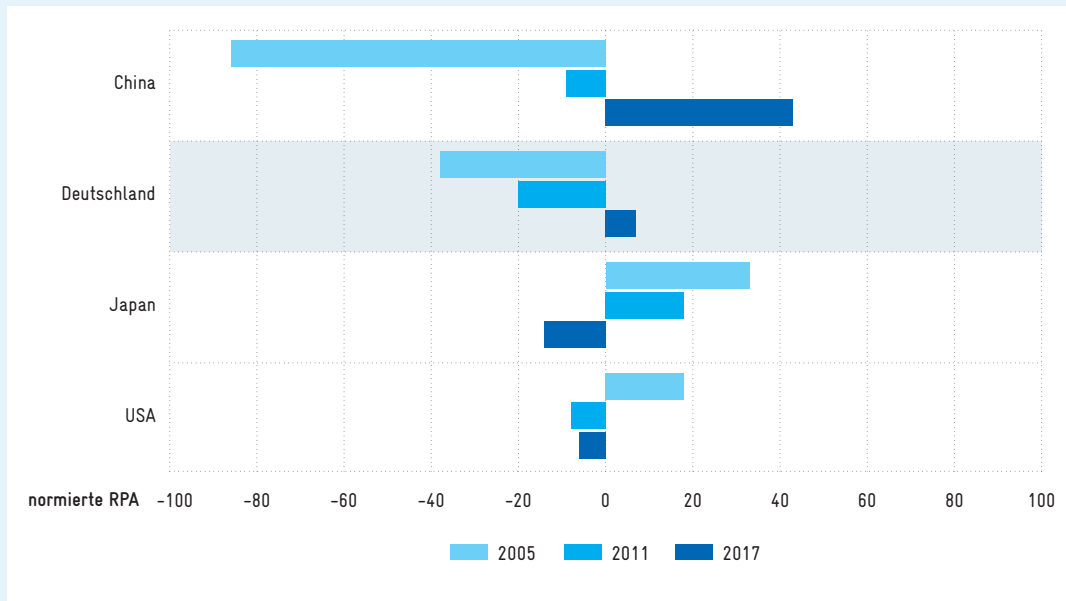
Abb. B 2-8 Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebstechnologien in ausgewählten Ländern 1990–2017



Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung basierend auf Sievers und Grimm (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B2-9 Normierte RPA der alternativen Antriebstechnologien in allen Antriebstechnologien von ausgewählten Ländern 2005, 2011, 2017



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Normierte RPA alternativer Antriebstechnologien gemessen an allen Antriebstechnologien.
Lesebeispiel: Japan weist im Jahr 2017 einen normierten RPA in Höhe von -14 auf. Dieser Wert gibt an, dass Japans Anteil an den globalen Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebstechnologien in diesem Jahr 86 Prozent des Anteils Japans an den globalen Patentanmeldungen im Bereich aller Antriebstechnologien beträgt.
Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung basierend auf Sievers und Grimm (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

des Anteils an neu zugelassenen BEV verbunden mit einem Rückgang von Neuzulassungen von ICEV (vgl. Abbildung B 2-10 a). So war 2020 der Anteil der in Deutschland abgesetzten BEV mit knapp 6 Prozent mehr als dreimal so hoch wie im Vorjahr (vgl. Abbildung B 2-10 b). Damit lag Deutschland beim Anteil neu zugelassener BEV international in der Spitzengruppe. Diese Veränderung ist mit großer Wahrscheinlichkeit auch durch die Kaufprämien getrieben.²⁴² Der Anteil von ICEV am Fahrzeugabsatz war mit 85 Prozent gleichwohl immer noch hoch.

Den mit weitem Abstand höchsten Anteil an Neuzulassungen bei BEV erreichte 2020 allerdings Norwegen mit 42 Prozent. Dieser hohe Anteil an BEV ist auf verschiedene höchst wirksame Fördermaßnahmen zurückzuführen. In Norwegen war auch der Anteil von PHEV an den Pkw-Verkäufen mit 16 Prozent im weltweiten Vergleich am höchsten. Deutschland lag hier mit einem Anteil von 7 Prozent auf Rang zwei der betrachteten Länder (vgl. Abbildung B 2-10 c). Bei reinen Hybridfahrzeugen (HEV) wies zuletzt Japan mit 20 Prozent den höchsten Anteil an Neuzulassungen auf, während diese Antriebsart in Deutschland mit einem Anteil an

Neuzulassungen von weniger als 2 Prozent kaum eine Rolle spielt (vgl. Abbildung B 2-10 d).

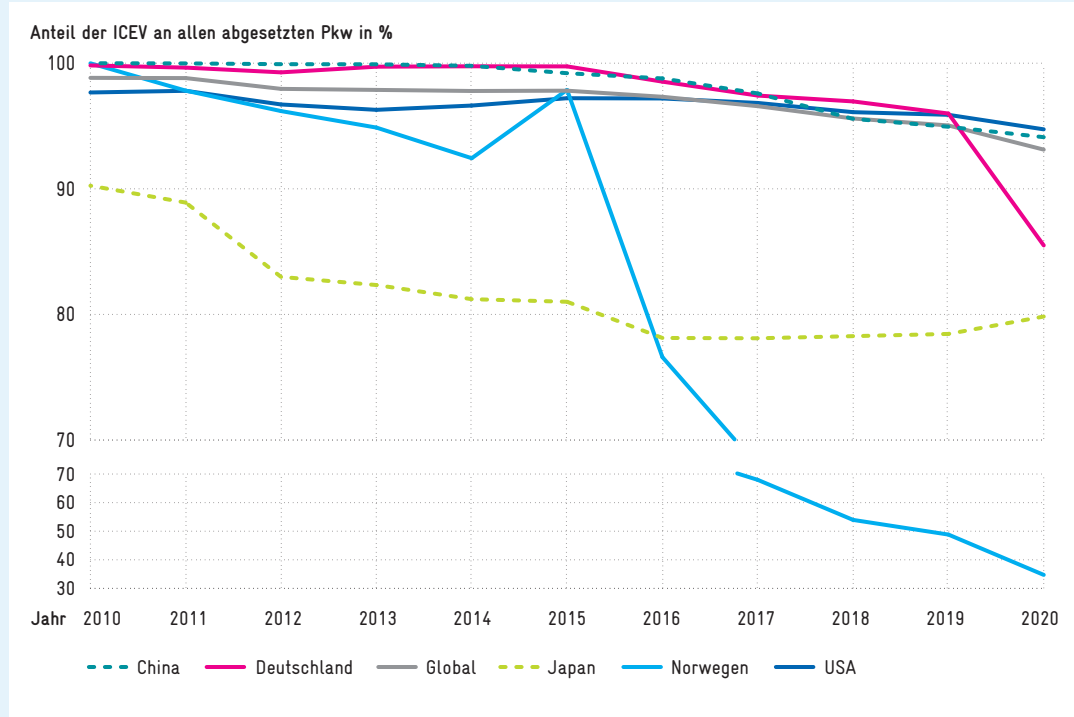
Förderung alternativer Antriebe breit angelegt

Die Fördermaßnahmen in Deutschland mit Bezug auf alternative Antriebe konzentrieren sich primär auf die batterieelektrischen Antriebe. Da die Technik weit entwickelt und marktreif ist, fokussiert die derzeitige Förderung eine stärkere Marktdurchdringung. Wichtige Elemente im „Regierungsprogramm Elektromobilität“, die von Bund und Ländern, aber auch von der EU gefördert werden, sind Kaufprämien, der Ausbau der öffentlichen und privaten Ladeinfrastruktur sowie die öffentliche Beschaffung von Elektrofahrzeugen, die mindestens 20 Prozent des Fuhrparks des Bundes ausmachen sollen.

Daneben fördern Bund und Länder im Bereich alternativer Antriebe – in erheblich geringerem Umfang – sowohl die Forschung zu als auch die Markteinführung von Fahrzeugen, die mit Erdgas, Wasserstoff- oder Brennstoffzellen betrieben werden.²⁴³ Dabei ist insbesondere die Nationale Wasserstoffstrategie mit dem Ziel eines beschleunigten

Abb. B 2-10 Anteil konventioneller und alternativer Antriebsarten am Pkw-Absatz in ausgewählten Ländern und weltweit 2010–2020 in Prozent

a) ICEV



b) BEV

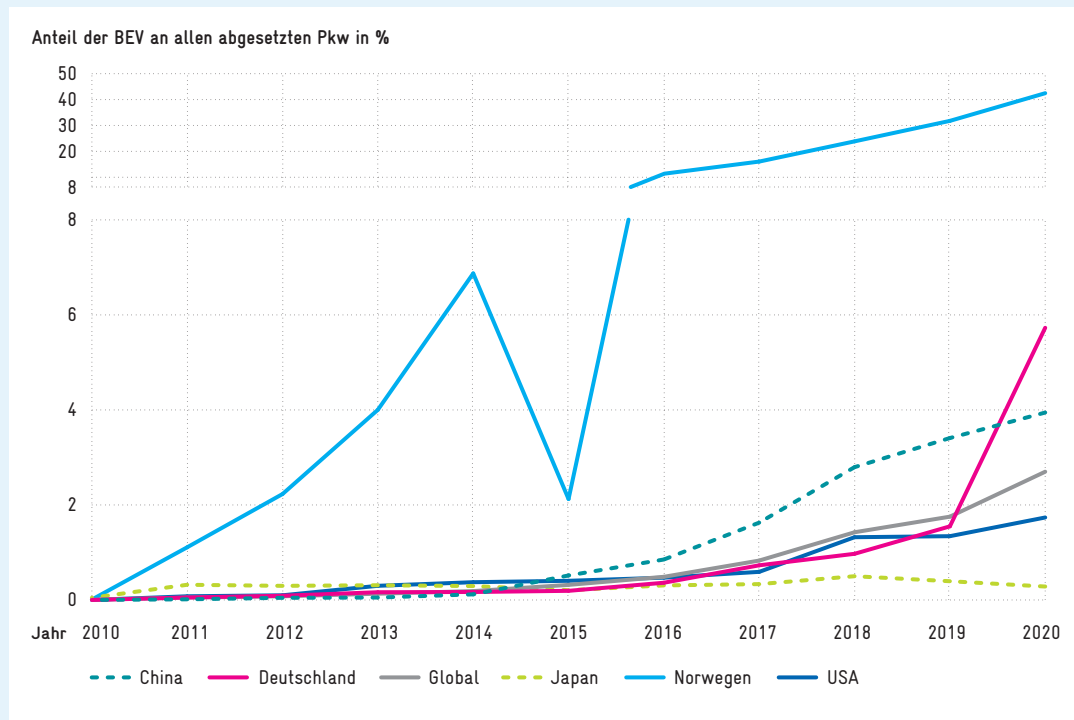
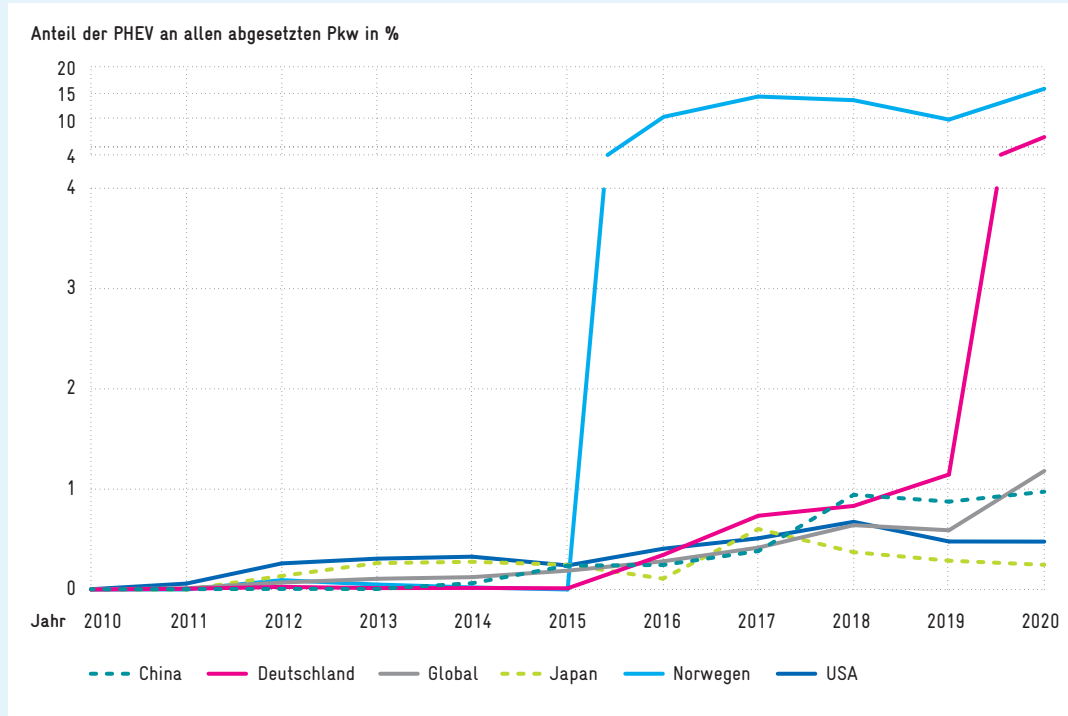


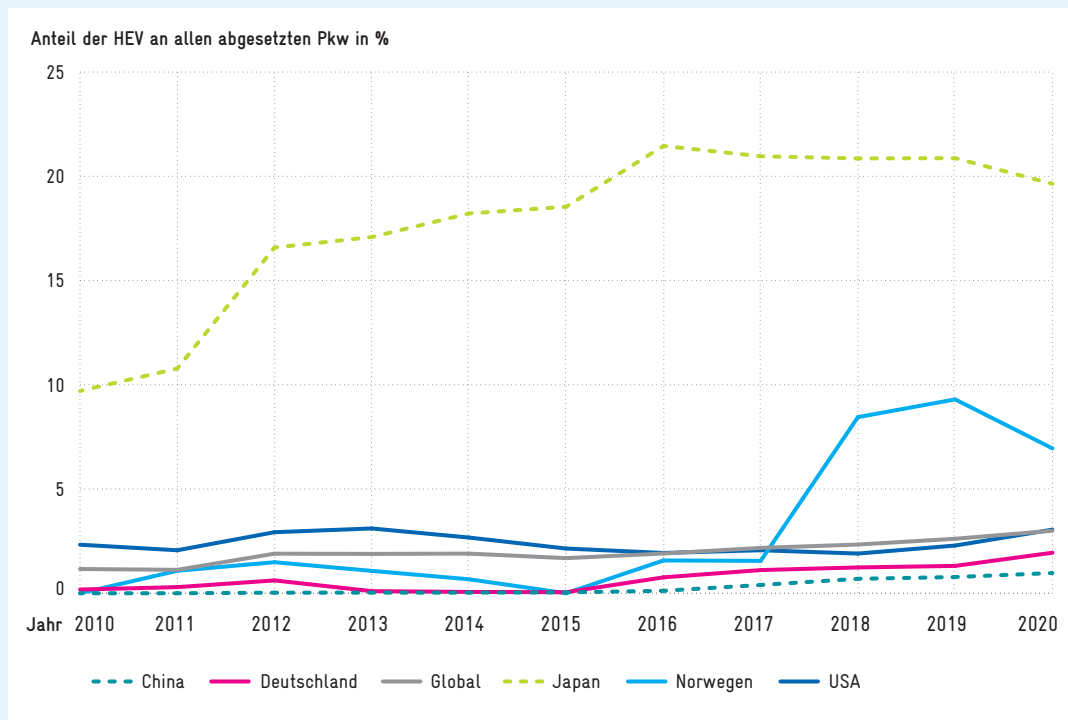
Abb. B 2-10 wird auf der Folgeseite fortgesetzt.

Abb. B 2-10 Anteil konventioneller und alternativer Antriebsarten am Pkw-Absatz in ausgewählten Ländern und weltweit 2010–2020 in Prozent

c) PHEV



d) HEV



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Sievers und Grimm (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Markthochlaufs neuer Wasserstofftechnologien von Bedeutung. Im Zusammenspiel mit alternativen Antriebstechnologien kann zudem der Einsatz neuer Materialien und Verfahren in der Fahrzeugkonstruktion, etwa durch Gewichtsreduktion von Karosserie und Antriebsstrang, zu Emissionseinsparungen beitragen.²⁴⁴ Im Rahmen des Technologietransfer-Programms Leichtbau fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) branchen-, technologie- und materialübergreifende Forschung im Bereich des Leichtbaus.

B 2-3 Automatisiertes und autonomes Fahren

Automatisiertes Fahren ist ein übergreifender Begriff, der sowohl assistiertes und (teil-)automatisiertes Fahren als auch vollständig fahrerloses Fahren sowie die dazugehörigen Kommunikationstechnologien umfasst, die die Vernetzung von Fahrzeugen ermöglichen. Autonomes Fahren beschreibt als Teilbereich des automatisierten Fahrens die höchsten Automatisierungsgrade, die vollständig fahrerloses Fahren und die dazugehörigen Kommunikationstechnologien umfassen.

Veränderung verkehrsbedingter Emissionen durch automatisiertes Fahren

Fortschritte im Bereich des automatisierten Fahrens können zu einer Veränderung der verkehrsbedingten THG-Emissionen auf zwei Ebenen beitragen: Gewinne an Effizienz auf der Fahrzeugebene (Primäreffekte) und induzierte Veränderungen des Mobilitätsverhaltens auf der Ebene der Verkehrsteilnehmenden (Sekundäreffekte).

Haupttreiber der – mit zunehmendem Automatisierungsgrad der Fahrzeuge steigenden – Primäreffekte sind harmonisierte Fahreigenschaften, optimierte Motoransteuerung sowie die Berücksichtigung der Topografie und des Verkehrsflusses.²⁴⁵ Den Effizienzgewinnen durch optimiertes Fahrverhalten steht allerdings ein zusätzlicher Endenergieverbrauch durch vernetzte Automatisierungssysteme, in den Fahrzeugen selbst sowie im Mobilfunk und in der digitalen Infrastruktur, gegenüber.²⁴⁶

Sekundäreffekte ergeben sich, weil die Effizienz- und Komfortvorteile automatisierter Fahrzeuge die relative Attraktivität von Verkehrsmitteln verändern. Einerseits kann eine verstärkte Automatisierung zur

vermehrten Bündelung von Bedarfsverkehren und damit geringeren Fahrleistungen und THG-Emissionen führen. Andererseits können ein wachsender Anteil des MIV und die Erschließung neuer Nutzergruppen zu erhöhten Fahrleistungen automatisierter Fahrzeuge führen und so die Emissionen wieder steigern, ein sogenannter Reboundeffekt.²⁴⁷

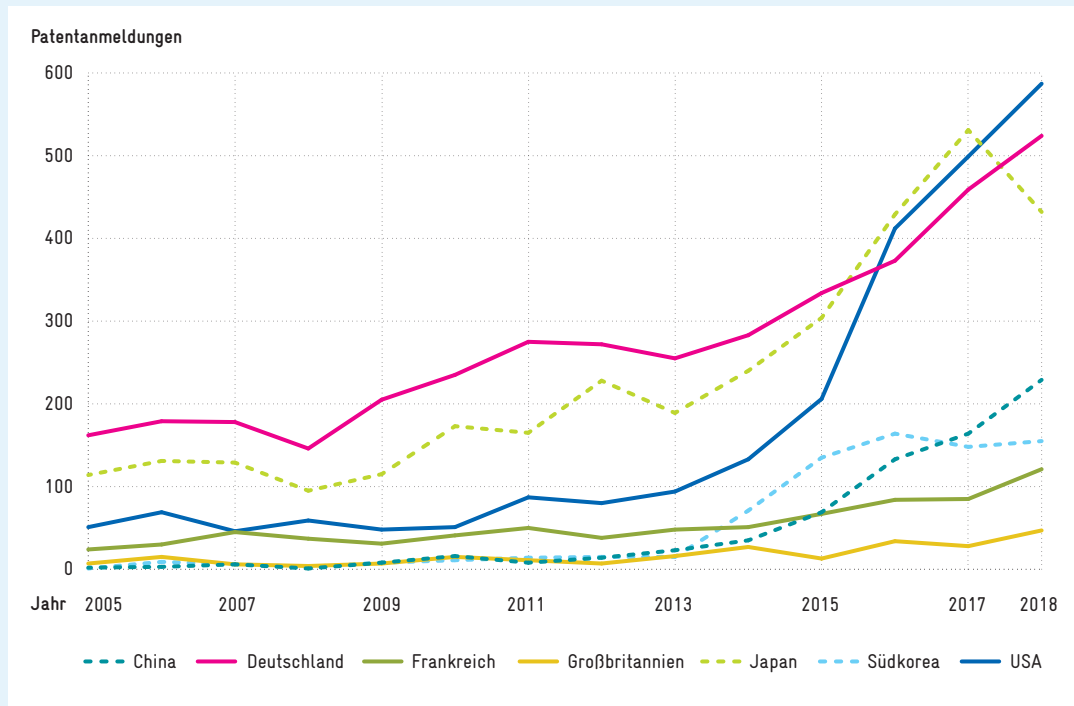
Klassische Automobilnationen bei automatisiertem Fahren führend

Im Zeitraum von 2005 bis 2018²⁴⁸ gab es einen deutlichen Anstieg der transnationalen Patentanmeldungen im Bereich des automatisierten Fahrens (vgl. Abbildung B 2-11).²⁴⁹ Anfänglich wurde die Entwicklung vor allem durch Patentanmeldungen im Bereich der Assistenztechnologien getrieben, während im weiteren Verlauf Patente zum autonomen Fahren wichtiger geworden sind (vgl. Abbildung B 2-12). Die Zunahme der Patentanmeldungen im Bereich des automatisierten Fahrens ist in Deutschland und Japan schon seit 2008 erkennbar. In den USA hat die Entwicklung erst seit 2013 stark an Dynamik gewonnen. Die USA und Deutschland haben zuletzt den bisherigen Spitzenreiter Japan überholt, wobei Deutschland nur knapp hinter den USA liegt. Mit bereits deutlichem Abstand folgen China und Südkorea. Allerdings spielten beide Länder fünf Jahre zuvor bei den transnationalen Patentanmeldungen im Bereich des automatisierten Fahrens international noch kaum eine Rolle und haben in kurzer Zeit Frankreich und Großbritannien hinter sich gelassen.

Entwicklung beim autonomen Fahren in den USA hochdynamisch

Bei den transnationalen Patentanmeldungen im Teilbereich des autonomen Fahrens war Deutschland bis etwa 2010 international führend (vgl. Abbildung B 2-12). Danach ging die Führungsposition jedoch an die USA verloren, die nach einer hochdynamischen Entwicklung zuletzt – mit weitem Abstand – die meisten Patente in diesem Bereich anmeldeten. Zwar hat sich die Zahl der transnationalen Patentanmeldungen aus Deutschland im Bereich autonomen Fahrens zwischen 2014 und 2018 mehr als verdreifacht, sodass sich Deutschland von Japan und Südkorea abgesetzt hat. Jedoch kamen 2018 aus Deutschland weniger als halb so viele Patentanmeldungen wie aus den USA.

Abb. B2-11 Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich automatisierten Fahrens in ausgewählten Ländern 2005–2018

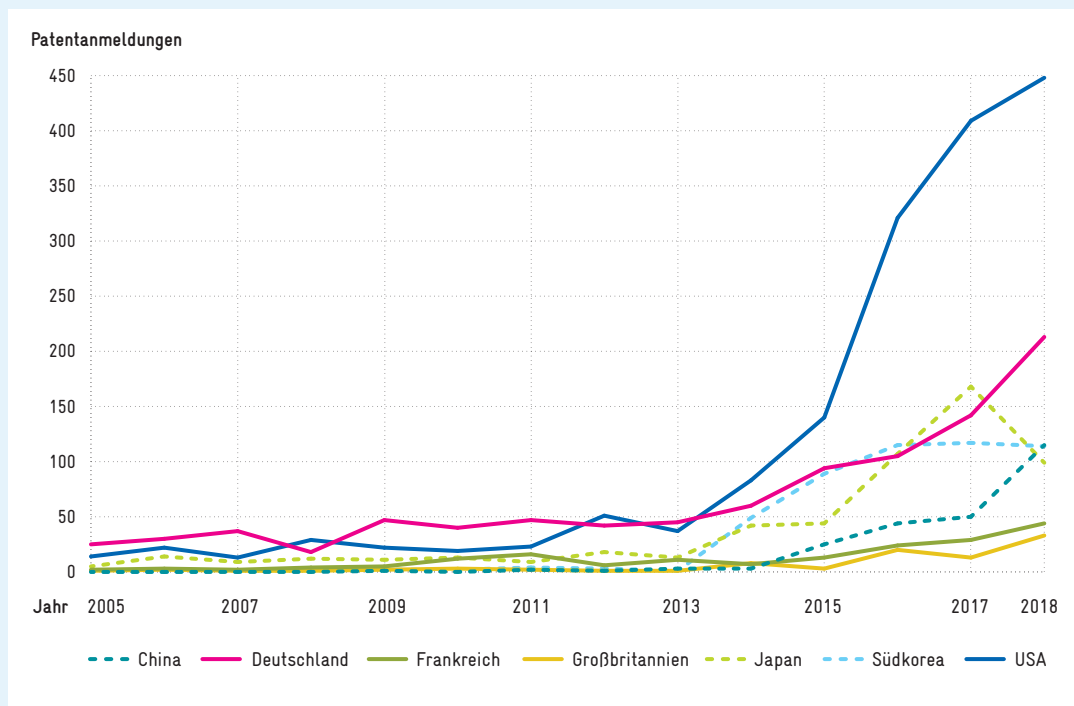


Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung basierend auf Sievers und Grimm (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B2-12 Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich autonomen Fahrens in ausgewählten Ländern 2005–2018



Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung basierend auf Sievers und Grimm (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Automatisiertes und autonomes Fahren gefördert

Innovationen im Bereich automatisierten und autonomen Fahrens werden durch eine große Anzahl an Förderprogrammen insbesondere auf Bundesebene unterstützt. Konzentriert wird die Förderung unter der vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) umgesetzten „Strategie autonomes und vernetztes Fahren“ der Bundesregierung, die bereits 2015 auf den Weg gebracht wurde. Ziel der Strategie ist es, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter beim automatisierten und vernetzten Fahren zu machen. Hierzu wurden u. a. der rechtliche Rahmen ausgebaut, von Bund und Ländern geförderte Testfelder für automatisierte Fahrzeuge eingerichtet²⁵⁰ und FuE-Vorhaben sowohl zu technischen als auch gesellschaftlichen Aspekten des automatisierten Fahrens unterstützt.²⁵¹

Zur Förderung von Innovationen im Bereich autonomen Fahrens hat das BMVI 2019 eine Förderrichtlinie mit einem Volumen von 122 Millionen Euro aufgesetzt, mit dem Ziel, höhere Automatisierungsstufen bis zum autonomen Fahren und künstliche Intelligenz in der Automobilität weiterzuentwickeln. Seit November 2021 fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit insgesamt 135 Millionen Euro die Softwareentwicklung für die Digitalisierung der Automobilität, wodurch auch die Weiterentwicklung von automatisierten Fahrzeugen ermöglicht wird.²⁵²

Deutscher Rechtsrahmen für autonomes Fahren wegweisend

Mit dem im Juli 2021 in Kraft getretenen Gesetz zum autonomen Fahren hat Deutschland als weltweit erstes Land eine gesetzliche Grundlage für den Regelbetrieb von hoch automatisierten Fahrzeugen ohne fahrzeugführende Person in festgelegten Betriebsbereichen.²⁵³ Dieser Rechtsrahmen verbessert die Voraussetzungen für die Markteinführung von hoch automatisierten Fahrzeugen.²⁵⁴ Dadurch wird Deutschland in die Lage versetzt, als Technologietreiber die Entwicklung von autonomen Fahrzeugsystemen mitzugestalten und Anreize für Automobilhersteller zu setzen, diese zu entwickeln.²⁵⁵

B2-4 Sharing-Dienste in der deutschen Mobilitätslandschaft

THG-Emissionsreduktionen können nicht nur durch neue emissionsärmere Fahrzeugtechnologien, sondern auch durch Verhaltensänderungen im Hinblick auf die Wahl der Verkehrsmittel erreicht werden. Obwohl aktuell gut drei Viertel aller deutschen Haushalte einen eigenen Pkw besitzen,²⁵⁶ werden Rufe nach einem Umdenken in Richtung „Teilen statt Besitzen“ – einem Sharing von Verkehrsmitteln – lauter.²⁵⁷ Diese Forderungen fußen auf zwei Fakten: Private Pkw bleiben während des größten Teils des Tages ungenutzt, und beim überwiegenden Teil der Pkw-Fahrten wird nur eine Person transportiert. Zugleich bewegen sich zu den Stoßzeiten des Verkehrs viele Personen auf identischen Strecken oder Wegabschnitten, sodass eine gemeinsame Nutzung von Transportmitteln zur Schonung von Ressourcen naheliegt.

Es gibt zahlreiche Geschäftsmodelle, die auf eine bessere Auslastung von privaten Pkw abzielen. Dazu gehören Plattformmodelle, deren Angebot die Koordination von gemeinsamen Fahrten oder Mitfahrgelegenheiten ist.²⁵⁸ Daneben sind in den letzten Jahren Sharing-Modelle entstanden, die den Charakter des Autos als vornehmlich individuell genutztes Verkehrsmittel in Privatbesitz antasten. Dazu zählen vor allem Carsharing und Ridepooling. Carsharing ist die organisierte gemeinschaftliche Nutzung von Fahrzeugen, die von einem Anbieter gehalten werden, der diese in der Regel nicht selbst nutzt und der die alleinige Verantwortung für das Funktionieren der Fahrzeuge hat.²⁵⁹ Es handelt sich beim Carsharing in der Regel also nicht um das Teilen einer Ressource in Gemeinschaftsbesitz, sondern um ein gewerbliches Serviceangebot, bei dem die Fahrzeuge verschiedenen Personen nacheinander zur Nutzung zur Verfügung stehen. Carsharing wird mittlerweile auch von den großen Autovermietungsgesellschaften und teils sogar von den Automobilherstellern angeboten.²⁶⁰ Daneben gibt es ein Angebot von Nutzungsabonnements mit Laufzeiten zwischen wenigen Stunden und mehreren Monaten, wodurch ein fließender Übergang von individueller zu geteilter Nutzung entsteht.

Ridepooling ist eine Form des gebündelten Verkehrs, um in der Regel mehrere Passagiere bei Bedarf flexibel zwischen Haltepunkten in einem Gebiet zu befördern.^{261, 262} Ridepooling unterliegt dem Personen-

beförderungsgesetz (PBefG) und umfasst sowohl gebündelten Bedarfsverkehr, der nicht zum öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) gehört, als auch Linienbedarfsverkehr im Rahmen des ÖPNV.²⁶³

Angebotsdichte und Nutzung bei Sharing-Diensten noch gering

Beim Carsharing erreicht das Angebot in Deutschland derzeit eine durchschnittliche Dichte von 33 Fahrzeugen pro 100.000 Einwohner.²⁶⁴ Beim Ridepooling liegt der Durchschnittswert ungefähr bei einem Fahrzeug pro 100.000 Einwohner. Einzelne Kommunen weisen jedoch wesentlich höhere Dichten auf.²⁶⁵ Einer repräsentativen Befragung in deutschen Großstädten zufolge wurde Carsharing regelmäßig von 4 Prozent genutzt, Ridepooling jedoch nur von 2 Prozent.²⁶⁶

Rahmenbedingungen für eine stärkere Nutzung von Sharing-Diensten

Um zu klären, wie weit politisch gestaltbare Faktoren die Nutzungsraten von Carsharing und Ridepooling steigern können und wie sich eine veränderte Nutzung dieser Angebote auf die Struktur der Verkehrsmittelnutzung auswirkt, hat die Expertenkommission eine Simulationsstudie in Auftrag gegeben.²⁶⁷ Untersucht wurden dabei, ausgehend vom Status quo, die Effekte einer kombinierten Veränderung des CO₂-Preises mit einem Anstieg der Kraftstoffsteuer und Subventionen für emissionsfreie Pkw. In einem weiteren Szenario wurden die Auswirkungen einer Anhebung von Parkgebühren und der parallelen Erhebung von Mautgebühren im City-Bereich analysiert. Daneben wurde eine verstärkte Förderung des ÖPNV durch die Kombination einer dichteren Taktung, einer Halbierung der Beförderungstarife sowie einer Verkürzung der Wartezeit simuliert.

Vergleicht man diese kombinierten Maßnahmen, bewirkt die Anhebung des CO₂-Preises, der Kraftstoffsteuer und der Subventionen für emissionsfreie Pkw die stärkste Zunahme der Nutzungsanteile von Carsharing und Ridepooling. Als besonders wirksam erweist sich eine Kombination dieser Maßnahmen mit höheren Park- und Mautgebühren. Die Effekte der untersuchten Instrumente²⁶⁸ bleiben insgesamt jedoch sehr verhalten. Bis 2030 sind beim Carsharing Nutzungsanteile von maximal 1,8 Prozent zu erwarten. Beim Ridepooling liegen die Nutzungsanteile mit maximal 0,3 Prozent noch darunter. Beide

Arten von Sharing-Diensten arbeiten nicht kostendeckend, bleiben also ohne Subventionierung unwirtschaftlich. Insgesamt gesehen erscheinen Carsharing und Ridepooling somit auf absehbare Zeit nicht in der Lage, sich als Alternativen zur Nutzung des eigenen Pkw zu etablieren. Allerdings ist der zu erwartende Zuwachs bei der Nutzung von Carsharing und Ridepooling in urbanen Räumen deutlich stärker als in ländlichen Räumen.

Ridepooling könnte aber als Beförderungsform insbesondere in ländlichen Räumen eine kostengünstigere Alternative zum bestehenden ÖPNV-Angebot darstellen. Durch den verstärkten Einsatz kleinerer, flexibler einsetzbarer und besser ausgelasteter Fahrzeuge könnten positive Umwelteffekte entstehen. Derzeit scheidet ein breiteres Angebot an Ridepooling-Diensten noch an den hohen Kapital- und Personalkosten für zusätzliche Fahrzeuge.²⁶⁹ Insbesondere die Personalkosten könnten aber in der Zukunft durch neue Technologien wie autonomes Fahren deutlich sinken, sodass die Rentabilität der Dienste steigen würde.

Allerdings sind mögliche Reboundeffekte zu beachten.²⁷⁰ Es ist zu erwarten, dass Personen, die derzeit gar nicht oder nur selten selbst Auto fahren, bei sinkenden Kosten häufiger Fahrdienste durch fahrerlose Fahrzeuge in Anspruch nehmen werden. Auch wenn es hierzu mangels Daten noch keine Untersuchungen gibt, ist aus anderen Zusammenhängen bekannt, dass solchen Reboundeffekten mit geeigneter Bepreisung, in diesem Fall einer Kombination aus CO₂-Preis und einem Straßenmautsystem, entgegengewirkt werden kann.²⁷¹

Anders als der Linienbedarfs- und auch der Taxiverkehr fällt der gebündelte Bedarfsverkehr gemäß dem PBefG nicht unter den ÖPNV. Er wird dadurch gegenüber diesen benachteiligt. So unterliegen Fahrten im gebündelten Bedarfsverkehr einem Mehrwertsteuersatz von 19 Prozent, während Fahrten im ÖPNV nur mit 7 Prozent Mehrwertsteuer belegt sind. Zudem kann der gebündelte Bedarfsverkehr im Betrieb teilweise durch Steuerungsinstrumente der Kommunen eingeschränkt werden.²⁷² Dies schafft Unsicherheiten für Mobilitätsdienstleister und hemmt den Ausbau von innovativen Ridepooling-Angeboten.²⁷³

Positiv zu verzeichnen ist, dass das neue PBefG die Erhebung von Mobilitätsdaten regelt, die im Rahmen der „Mobilithek“²⁷⁴ sowohl Behörden als auch

Anbietern von Mobilitätsdiensten zur Verfügung stehen sollen.²⁷⁵ Damit wird die Entwicklung von Mobilitätskonzepten ermöglicht, die auf der Vernetzung von Mobilitätsdaten beruhen, etwa intermodale Routenplanung. Eine Datenschnittstelle mit GAIA-X ist dabei allerdings bislang nicht vorgesehen.

B 2-5 Handlungsempfehlungen

Die Entwicklung hin zu nachhaltigem motorisiertem Individualverkehr wird von Fortschritten bei den emissionsärmeren Antriebsarten getragen. Der batteriebetriebene Pkw erweist sich als die ökologisch und ökonomisch vorteilhafteste Alternative. Dementsprechend kommt es darauf an, die Verbreitung dieser Antriebsart zu stärken, um so infolge von Netzwerkeffekten ihre Attraktivität und Akzeptanz zu erhöhen. Außerdem eröffnen Entwicklungen in der Digitalisierung und beim autonomen Fahren Chancen für innovative Mobilitätsangebote, um auch durch Bündelung von Verkehr zur Reduktion von Emissionen beizutragen. Zur Stärkung eines nachhaltigen Individualverkehrs empfiehlt die Expertenkommission daher folgende Maßnahmen:

Adäquate verkehrs- und klimapolitische Anreize setzen und Angebot an CO₂-neutralem Strom erhöhen

Da sich die batteriebetriebene Elektromobilität für den motorisierten Individualverkehr als die momentan ökologisch wirksamste und gleichzeitig wirtschaftlichste unter den emissionsärmeren Antriebsarten herauskristallisiert, sollte deren Attraktivität gegenüber konventionellen Verbrennern gesteigert werden.

- Um die Attraktivität von konventionellen Verbrennern zu verringern und zugleich den Unternehmen Planungssicherheit im Hinblick auf die Marktfähigkeit von E-Mobilität und zukünftigen Entwicklungen alternativer Antriebe zu geben, sollte durch geeignete Maßnahmen (vgl. Kapitel A 1) möglichst schnell ein hinreichend hoher CO₂-Preis realisiert werden.
- Die Expertenkommission bestärkt die Bundesregierung, wie im Koalitionsvertrag vorgesehen das Angebot an CO₂-neutralem Strom zu erhöhen, u. a. durch den Ausbau der erneuerbaren Stromquellen.

- Um die Strompreise niedrig zu halten, sollte Strom von Zusatzlasten ohne Lenkungswirkung wie der EEG-Umlage und der Stromsteuer befreit werden.

FuE zu nachhaltiger Batterietechnik und neuen Materialien verstärkt fördern

- Die aktuelle Generation von Batterien bringt noch erhebliche negative ökologische Effekte in Förderländern mit sich. Die Entwicklung neuartiger Batterien mit geringerem ökologischem Fußabdruck sollte mit Nachdruck gefördert werden.
- Die neue Bundesregierung sollte sich bei importierten Batterien auf europäischer Ebene für die Einrichtung entsprechender Umweltstandards starkmachen.
- Innovationen und technologische Entwicklungen sollten im Hinblick auf neue Materialien insbesondere zu Gewichtsreduktion und ressourcenschonenden Fahrzeugkonstruktionen weiterhin gefördert werden, um damit auch zur Vergrößerung der Batteriereichweiten beizutragen.

Öffentliche Ladeinfrastruktur ausbauen und Transparenz der Bezahlsysteme herstellen

- Neben dem öffentlich geförderten Ausbau der Ladeinfrastruktur empfiehlt die Expertenkommission, dass sich die Bundesregierung für transparente Preisstrukturen an Ladesäulen starkmacht, um Akzeptanz und Marktdurchdringung von batterieelektrischen Fahrzeugen voranzutreiben.
- Aufgrund des hohen Ressourcenbedarfs von Brennstoffzellen-Pkw sowie aufgrund zu erwartender technologischer Innovationen bei Transport und Lagerung von Wasserstoff, die unter Umständen die Nutzung von vorhandener Infrastruktur ermöglichen, besteht momentan kein dringender Handlungsbedarf, das Wasserstofftankstellennetz für Pkw mit öffentlichen Mitteln auszubauen.

System der Kaufprämien und Kfz-Besteuerung reformieren

Kaufprämien sind grundsätzlich geeignet, den Anteil an neu zugelassenen Fahrzeugen mit alternativen Antriebsarten zu erhöhen. Stärkere Kaufanreize können jedoch durch direkte Bepreisung von Externalitäten und Straßennutzungsgebühren geschaffen werden.

- Das jetzige Kaufprämiensystem sollte wie geplant bis 2025 auslaufen.
- Plug-in-Hybride sollten umgehend von Kaufprämien ausgeschlossen werden, da sie in den Umweltbilanzen deutlich schlechter abschneiden als batterieelektrische Fahrzeuge.
- Eine Bepreisung von CO₂ und anderen Externalitäten sollte durch eine Kombination aus CO₂-Preis und einer entsprechend angepassten Benzin-/Dieselsteuer erreicht werden.

- Das Steuer- und Abgabensystem für den Straßenverkehr sollte grundsätzlich reformiert werden, indem die pauschalen Kfz-Steuern mittelfristig durch direkte Nutzungsgebühren, d.h. durch ein umfassendes Straßenmautsystem, ersetzt werden.

Wettbewerbsbedingungen für gebündelten Bedarfsverkehr verbessern

Verschiedene gesetzliche Regelungen und Verordnungen erschweren bislang einen wirtschaftlichen Betrieb und die Entwicklung von innovativen Geschäftsmodellen für gebündelte Bedarfsverkehre.

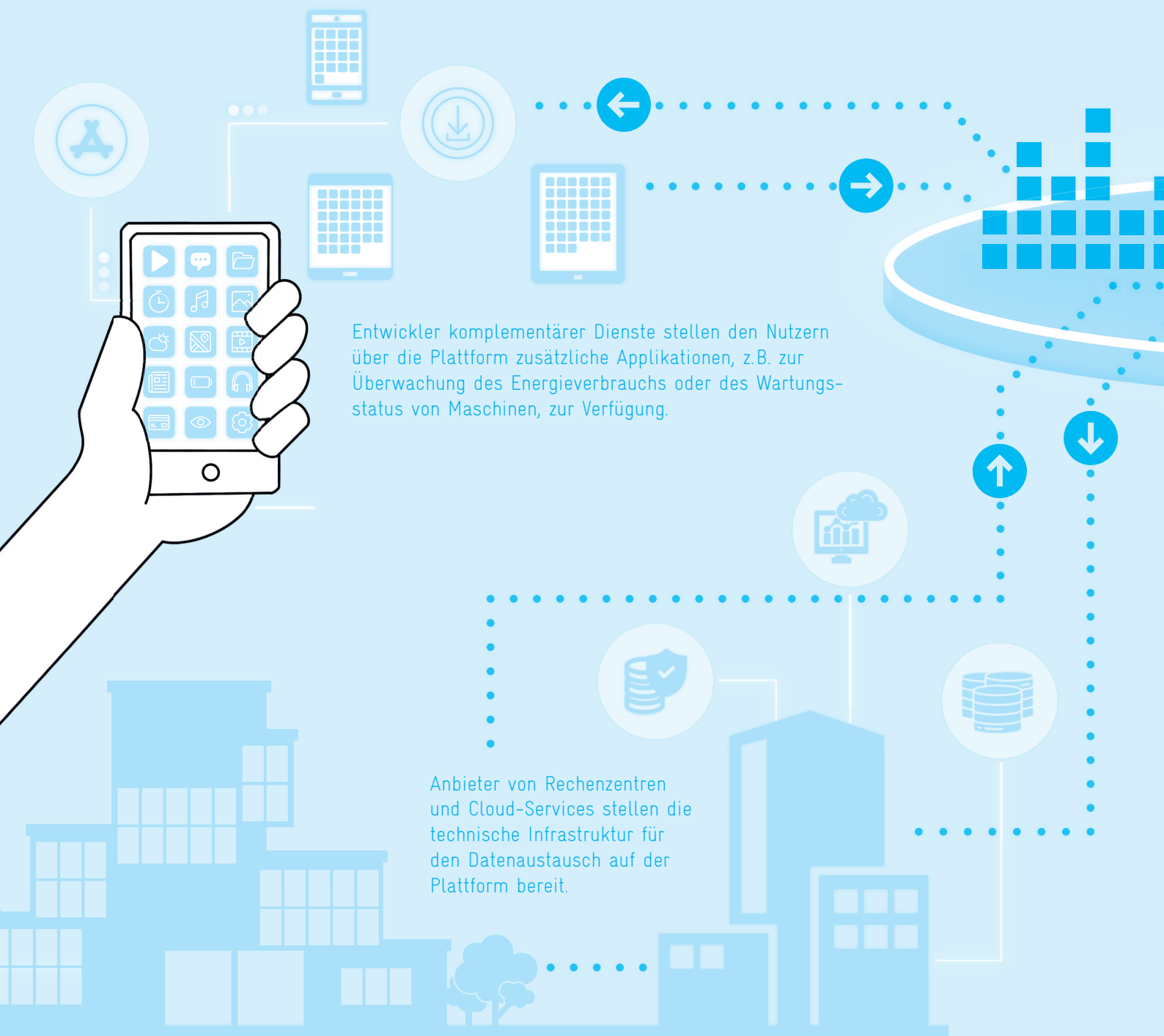
- § 50 Personenbeförderungsgesetz sollte dahingehend reformiert werden, dass Kommunen weniger Einfluss auf den gebündelten Bedarfsverkehr nehmen können.
- Gebündelte Bedarfsverkehre und Taxiverkehre sollten steuerlich gleichgestellt werden.

B3 Innovationen in der Plattformökonomie



[Download der Abbildung](#)

Digitale Plattformen orchestrieren die Interaktion verschiedener Akteursgruppen und ermöglichen die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle sowie neuer Produkte und Dienste. Daten stellen dabei einen zentralen Wertschöpfungsfaktor dar. Hohes Potenzial eröffnen insbesondere B2B-Plattformen, durch deren Nutzung Effizienzgewinne in der Produktion realisiert und Innovations- und Wertschöpfungsprozesse neu gestaltet und weiterentwickelt werden können.



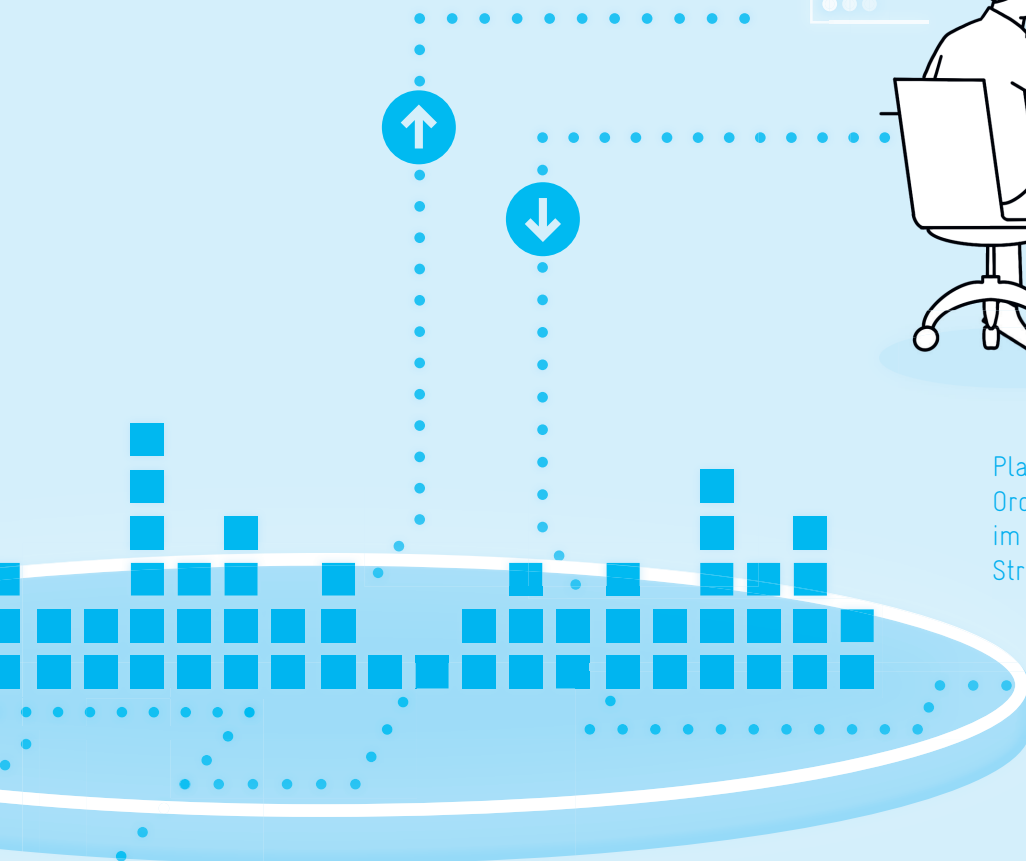
Entwickler komplementärer Dienste stellen den Nutzern über die Plattform zusätzliche Applikationen, z.B. zur Überwachung des Energieverbrauchs oder des Wartungsstatus von Maschinen, zur Verfügung.

Anbieter von Rechenzentren und Cloud-Services stellen die technische Infrastruktur für den Datenaustausch auf der Plattform bereit.

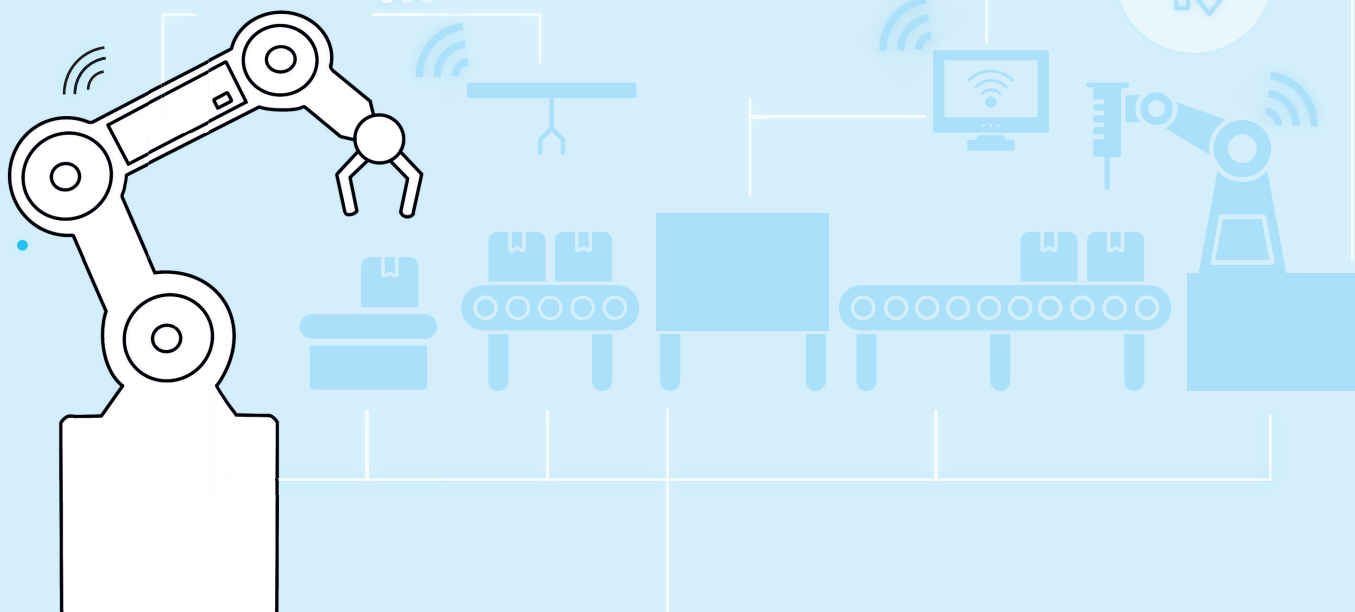
Start-ups und junge Unternehmen können mit den über die Plattform geteilten Daten neue Algorithmen trainieren oder neue Geschäftsmodelle entwickeln.



Plattformbetreiber sind vor allem für die Orchestrierung des Plattformökosystems im Sinne der Etablierung von Governance-Strukturen verantwortlich.



Maschinen- und Anlagendaten wie z.B. Fehlercodes oder Temperatur werden durch Sensoren in Maschinen und Anlagen erfasst und über die Plattform mit anderen Unternehmen geteilt. Dies dient z.B. der Statusüberwachung und der Voraussage notwendiger Wartungsarbeiten.



B 3 Innovationen in der Plattformökonomie

Die großen US-amerikanischen Plattformunternehmen Alphabet (Google), Amazon, Apple, Meta (Facebook) und Microsoft zählen hinsichtlich ihres Börsenwerts zu den wertvollsten Unternehmen der Welt. Sie orchestrieren die digitale Interaktion verschiedener Akteursgruppen und entwickeln, nicht zuletzt auf Basis der auf ihren Plattformen entstehenden Daten, innovative Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, verändern Wertschöpfungsketten und erlangen dominante Marktpositionen.

Im Gegensatz zu diesen großen, insbesondere im Business-to-Consumer-(B2C-)Bereich aktiven Plattformunternehmen sind reine Business-to-Business-(B2B-)Plattformen in der Regel auf spezifische Branchen oder Anwendungen fokussiert. Doch auch sie verändern Wertschöpfungsketten, schaffen neue Geschäftsmodelle und generieren neue Produkte und Dienste. Unternehmen, die digitale B2B-Plattformen nutzen, sehen viele Vorteile für die eigene Innovationsaktivität, beispielsweise durch einen vereinfachten Zugang zu Daten oder die Einbindung von externen Partnern in den Innovationsprozess.

Der B2B-Plattformnutzung durch Unternehmen steht allerdings eine Reihe von Hemmnissen gegenüber. Insbesondere haben Unternehmen beim Einsatz von B2B-Plattformen Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der IT-Sicherheit und fürchten den Abfluss von innovations- und wettbewerbsrelevantem Wissen. Hinzu kommen im B2B-Kontext mangelndes wechselseitiges Vertrauen zwischen den über die Plattform vernetzten Unternehmen sowie die Befürchtung vor einseitigen Abhängigkeiten. Weitere Hemmnisse stellen fehlende Standards sowie fehlende Interoperabilität zwischen Plattformen dar.

Das Wertschöpfungspotenzial durch die Nutzung von B2B-Plattformen und insbesondere durch die Nutzung datenbasierter Plattformen im industriellen Bereich wird für die deutsche Wirtschaft als hoch eingeschätzt. Es basiert auf dem hohen branchenspezifischen Wissen und dem Innovationspotenzial, das sich durch den Zugang zu umfangreichen Produktions- und Maschinendaten deutscher Unternehmen ergibt. Schätzungen zufolge belief sich der Beitrag digitaler B2B-Plattformen zur Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2018 auf 1,5 Prozent. Sollte sich die Verbreitung dieser B2B-Plattformen in der erwarteten Geschwindigkeit fortsetzen, wäre im Jahr 2024 mit einer Verdopplung dieses Beitrags auf bis zu 3 Prozent zu rechnen.²⁷⁶

Die mit B2B-Plattformen verbundenen Potenziale gilt es zu heben und einen Abfluss der Wertschöpfung deutscher Unternehmen an die etablierten B2C-Plattformen aus den USA und China, die zunehmend auch in den B2B-Bereich vordringen, zu vermeiden. Damit die deutsche Wirtschaft Innovations- und Wertschöpfungspotenziale in der B2B-Plattformökonomie besser realisieren kann, bedarf es einer Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen sowie gezielter Impulse der öffentlichen Hand.

B 3-1 Charakteristika, Klassifikation und Verbreitung digitaler Plattformen

Eine Plattform²⁷⁷ zeichnet sich dadurch aus, dass sie Akteure zusammenbringt und die Interaktion zwischen ihnen aktiv managt.²⁷⁸ Häufig wird der Begriff der Plattform synonym verwendet mit dem Begriff des mehrseitigen Marktes, auf dem unterschiedliche Akteursgruppen zusammentreffen.

Plattformen sind durch sogenannte Netzwerkeffekte gekennzeichnet, d.h., der Nutzen von Plattformakteuren hängt von der Zahl der Akteure auf der Plattform ab.²⁷⁹ Bei digitalen Plattformen findet die Interaktion zwischen Akteuren internet- und datenbasiert statt.²⁸⁰ Dies vereinfacht es, geeignete Interaktionspartner zu finden. Zudem wird der Abstimmungsaufwand zwischen den einzelnen Akteuren durch von der Plattform gesetzte Standards für Kommunikation, Datenaustausch und Vertragsabwicklung reduziert. Die Plattformökonomie umfasst die Gesamtheit aller Aktivitäten und Akteure rund um Plattformen inklusive aller wirtschaftlichen Prozesse.

Von der digitalen Plattform zum Plattformökosystem

Der besondere Mehrwert digitaler Plattformen beruht auf Netzwerk-, Skalen- und Verbundeffekten. Positive direkte Netzwerkeffekte entstehen, wenn der Nutzen von Plattformakteuren mit der Zahl der Akteure derselben Akteursgruppe zunimmt.²⁸¹ Steigt der Nutzen einer Akteursgruppe durch die zunehmende Zahl der Akteure einer anderen Akteursgruppe, handelt es sich um positive indirekte Netzwerkeffekte. Amazon etwa ist für Verkäufer umso attraktiver, je mehr potenzielle Käufer diese Plattform nutzen, da dies höhere Umsätze erwarten lässt. Gleichzeitig ist Amazon für Käufer umso attraktiver, je mehr Verkäufer ihre Produkte oder Dienste dort anbieten und zu einer größeren Angebotsvielfalt beitragen. Skaleneffekte entstehen dadurch, dass die Entwicklung digitaler Produkte mit hohen Fixkosten, aber geringen Vervielfältigungskosten verbunden ist.²⁸² So ist beispielsweise die Entwicklung einer Suchmaschine sehr aufwendig, eine einzelne weitere Suchanfrage kann jedoch zu vernachlässigbaren Kosten bedient werden. Verbundeffekte treten auf, wenn ein Plattformunternehmen, das in einem Markt tätig ist, beispielsweise mithilfe der dort gesammelten Daten auch neue Produkte und Dienste in einem anderen Markt anbieten kann.²⁸³

Das Zusammenspiel dieser Charakteristika führt zur Entstehung von Plattformökosystemen. Diese setzen sich zusammen aus der Plattform als technischer Infrastruktur (z.B. Android als Softwareplattform), dem Plattformbetreiber (z.B. Alphabet), den verschiedenen Anbietern (z.B. Handy-Herstellern), den Entwicklern komplementärer Dienste (z.B. App-Entwicklern) und den Nachfragern (z.B. App-Nutzern).²⁸⁴ Die Plattformbetreiber sind vor allem

für die Orchestrierung des Plattformökosystems im Sinne der Etablierung von Governance-Strukturen verantwortlich.²⁸⁵ Plattformökosysteme sind durch einen modularen Aufbau gekennzeichnet. Neue Anbieter oder Entwickler haben die Möglichkeit, das Ökosystem mit neuen Produkten und Diensten zu erweitern. Dies führt dazu, dass die Innovations- und Wertschöpfungsprozesse geöffnet und weiterentwickelt werden können.²⁸⁶ Ein wichtiges Ziel der Governance besteht darin, die Qualität komplementärer Angebote sicherzustellen, zu regeln, wer Zugang zu einer Plattform hat, wie Anbieter ihre Angebote präsentieren können und auf welche Daten und Anwendungsprogrammierschnittstellen (Application Programming Interfaces, API) zugegriffen werden darf.

Daten sind eine essenzielle Ressource im Plattformökosystem und für plattformbasierte Geschäftsmodelle. Sie sind in ihrer Nutzung nicht-rivalisierend, d.h., mehrere Akteure können dieselben Daten nutzen, ohne dass diese aufgebraucht werden.²⁸⁷ Gleichzeitig können Akteure von der Datennutzung, beispielsweise durch technische Restriktionen, ausgeschlossen werden. Aufgrund dieser beiden Eigenschaften, Nicht-Rivalität in der Nutzung und Ausschließbarkeit von der Nutzung, stellen Daten ein sogenanntes Klubgut dar. Daten können dazu beitragen, dass Unternehmen neue Produkte und Dienste entwickeln oder bestehende Produkte und Dienste verbessern, Prozesse effizienter gestalten oder bessere Entscheidungen oder Vorhersagen treffen.²⁸⁸

B2B-Plattformen lassen sich nicht immer trennscharf von den größeren B2C-Plattformen wie Amazon und Alibaba abgrenzen, da B2B-Plattformen teilweise auch B2C-Lösungen anbieten oder umgekehrt. Einige strukturelle Unterschiede zwischen B2B-Plattformen insbesondere im industriellen Bereich und den typischen B2C-Plattformen lassen sich dennoch identifizieren.²⁸⁹ Zunächst ist die Bedeutung eines einzelnen Nutzers im B2B-Bereich für den Umsatz und den Gewinn der Plattform deutlich höher. Daher entwickeln B2B-Plattformen für ihre Nutzer oftmals individualisierte Angebote und Verträge. Die Skalierungsvorteile sind dadurch vergleichsweise klein.²⁹⁰ Durch die Weitergabe und Nutzung von sensiblen, häufig wettbewerbsrelevanten Unternehmensdaten sind die Anforderungen an die Datensicherheit besonders hoch, weshalb Vertrauen bei der Nutzung von B2B-Plattformen noch einmal wichtiger ist. Ein großer Teil der Plattformnutzer in der Industrie setzt daher auf unter-

nehmenseigene, geschlossene Plattformen.²⁹¹ Insbesondere Plattformen im industriellen Bereich fokussieren sich oftmals auf spezifische Anwendungsfelder und Branchen.

B2B-Plattformen mit vielfältigen Nutzungspotenzialen

Plattformen können unterschiedlich klassifiziert werden. Neben der Zielgruppe, die eine Plattform adressiert, oder der Funktion, die durch die Plattform erfüllt wird, ist der Grad der Offenheit einer Plattform ein mögliches Unterscheidungsmerkmal.²⁹² Ist der Zugang zu einer Plattform für alle Akteure ohne Bedingungen offen, handelt es sich um eine offene Plattform. Aus Sicherheits-, Datenschutz- oder Qualitätsgründen kann es für Plattformbetreiber sinnvoll sein, nur bestimmten Nut-

zern den Zutritt zur Plattform zu gewähren. Dann spricht man von geschlossenen oder halb-offenen Plattformen.

Die im Folgenden beschriebenen Plattformen richten sich explizit an Unternehmenskunden (B2B-Plattformen) und können nach drei Haupttypen unterschieden werden: Transaktionsplattformen, datenbasierte Plattformen und Innovationsplattformen. Obgleich alle drei Plattfortmtypen Innovationsaktivitäten mit dem Ziel der Entwicklung neuer Produkte, Dienste oder Prozesse ermöglichen, steht bei Innovationsplattformen die gemeinsame Entwicklung von Innovationen oder die Verbesserung von Innovationsprozessen explizit im Vordergrund.

Transaktionsplattformen sind digitale Marktplätze, auf denen Güter und Dienstleistungen gehandelt

Box B3-1 Beispiele für B2B-Plattformen

XOM Materials als Transaktionsplattform

XOM Materials ist eine durch den Stahlhändler Klöckner & Co SE gegründete offene und branchenspezifische B2B-Transaktionsplattform, über die Transaktionen rund um Stahl- und Metallprodukte angebahnt und abgewickelt werden können.²⁹³ Die Plattform ging 2018 in Europa online und dient dem Handel zwischen großen Stahlproduzenten, -händlern und -verarbeitern. XOM Materials agiert unabhängig von Klöckner, um sicherzustellen, dass Klöckner keinen Zugriff auf sensible Daten von Wettbewerbern hat. Aus Kundensicht bietet die Plattform ein umfassendes Angebot an Produkten, die von zahlreichen Anbietern bereitgestellt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, kundenspezifische Vertragsvereinbarungen abzuschließen. Beschaffungsvorgänge werden dadurch erleichtert und optimiert. Verkäufer profitieren durch eine hohe internationale Reichweite sowie durch effizientere Verkaufsprozesse etwa durch ein gebündeltes Auftragsmanagement.

Data Intelligence Hub als Datenmarktplatz

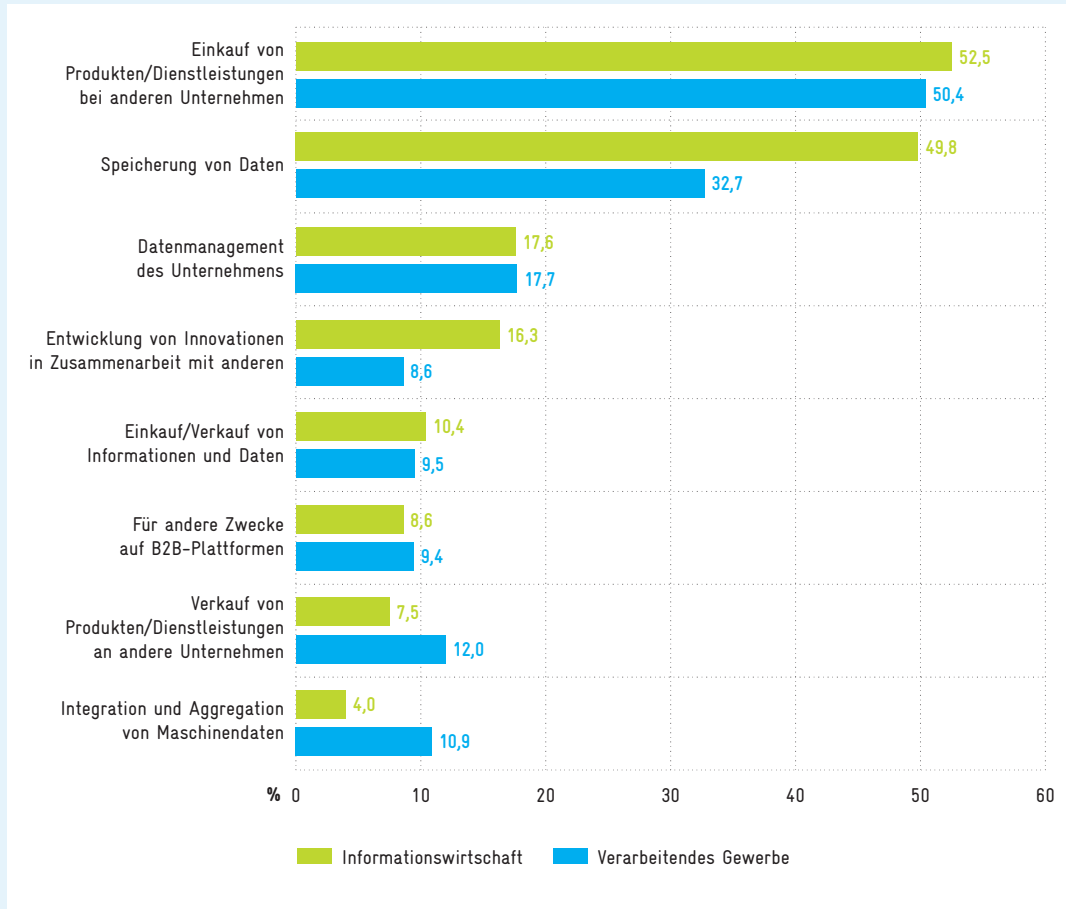
Im Jahr 2018 hat die Deutsche Telekom AG ihre B2B-Plattform Data Intelligence Hub (DIH) eingeführt.²⁹⁴ Auf einer sicheren Dateninfrastruktur können branchenübergreifend nicht-personenbezogene Daten zwischen verschiedenen Akteursgruppen ausgetauscht werden. Neben der Deutschen Telekom als Plattformbetreiber gehören dem Plattformökosystem Anbieter von Datensätzen aus verschiedenen Bereichen wie Gesundheit,

Produktion, Logistik und Tourismus an. Die Nachfrager nutzen neben den von den Anbietern bereitgestellten Datensätzen auch die im DIH bereitgestellten Datenarbeitsräume und Dienste zur Datenanalyse (z.B. Azure Databricks). Der DIH ist eine offene B2B-Plattform, da sich jeder registrieren kann und seitens des Plattformbetreibers keine Restriktionen vorgegeben werden. Durch die offene Struktur ermöglicht der DIH einen branchenübergreifenden Datenaustausch, der Innovations- und Wertschöpfungspotenziale ermöglicht.

MindSphere als IoT-Plattform

Die B2B-Plattform MindSphere wird von der Siemens AG seit 2015 als branchenübergreifende und offene Plattform betrieben.²⁹⁵ MindSphere ermöglicht es, IoT-Daten von unterschiedlichen Maschinen, Anlagen oder Systemen in einem Unternehmen zu sammeln und miteinander zu verbinden.²⁹⁶ Anschließend können die Daten mit auf der Plattform angebotenen Applikationen analysiert werden, um beispielsweise Prozessabläufe zu optimieren und die Effizienz zu steigern. Die Nutzergruppe im Plattformökosystem besteht primär aus fertigen Unternehmen und Entwicklungsdienstleistern, die MindSphere nutzen, um ihr digitales Produktangebot zu erweitern und ihre technische Infrastruktur zu verbessern.²⁹⁷ Sowohl die Siemens AG als auch unterschiedliche Partnerunternehmen und Entwickler komplementärer Dienste stellen den Nutzern zusätzliche Applikationen, z.B. zur Überwachung des Energieverbrauchs oder des Wartungsstatus, zur Verfügung.

Abb. B3-2 Zweck der Nutzung digitaler Plattformen im B2B-Bereich



[Download der Abbildung und Daten](#)

Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse auf die Frage: „Nutzt Ihr Unternehmen digitale Plattformen im Bereich ‚Business-to-Business‘ (B2B) für einen oder mehrere der folgenden Zwecke?“. Mehrfachnennungen möglich. Lesebeispiel: 50,4 Prozent der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes nutzen digitale Plattformen im B2B-Bereich für den Einkauf von Produkten/Dienstleistungen bei anderen Unternehmen.

Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2021.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

werden. Für Käufer bieten Transaktionsplattformen die Möglichkeit, Einkaufsprozesse zu vereinfachen und zu standardisieren und damit ihre Transaktionskosten zu senken. Verkäufer profitieren insbesondere von der Erschließung neuer, auf der Plattform aktiver Kundengruppen und damit von der Erhöhung ihrer Reichweite (für ein Beispiel vgl. Box B 3-1).²⁹⁸ Eine im Auftrag der Expertenkommission durchgeführte repräsentative Umfrage²⁹⁹ zeigt, dass Unternehmen in der deutschen Wirtschaft im B2B-Bereich aktuell am häufigsten Transaktionsplattformen nutzen (vgl. Abbildung B 3-2). 53 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 50 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe greifen auf Transaktionsplattformen zum Einkauf von Produkten oder Dienstleistungen zurück. Für den Verkauf von Produkten oder Dienst-

leistungen nutzen knapp 8 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 12 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe solche Plattformen.

Bei den datenbasierten Plattformen lassen sich mehrere Typen unterscheiden. Die wichtigsten sind Plattformen für Cloud-Dienste, Datenmarktplätze sowie Plattformen im industriellen Internet der Dinge (Internet of Things, IoT), sogenannte IoT-Plattformen.

Plattformen für Cloud-Dienste ermöglichen die geschützte Speicherung von Daten, die sowohl die exklusive Speicherung ohne Datenzugang für Dritte als auch das selektive Teilen von Daten erlaubt. Hierbei werden Daten auf externen Servern hinterlegt, so dass die technischen Möglichkeiten nicht von der in-

ternen Ausstattung abhängen und ein ortsungebundener Zugriff in der Regel möglich ist. In der oben genannten Umfrage gaben 50 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 33 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe an, B2B-Plattformen zur Speicherung von Daten zu nutzen. Für das Datenmanagement des eigenen Unternehmens greifen jeweils 18 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe auf B2B-Plattformen zurück.

Auf Datenmarktplätzen werden Informationen und Daten gehandelt, getauscht oder geteilt, auf Basis derer Unternehmen innovieren und zusätzliche Wertschöpfung generieren können.³⁰⁰ Datenmarktplätze sind aktuell noch in einer sehr frühen Phase der Entwicklung. Eines der ersten Beispiele ist der branchenübergreifende Data Intelligence Hub (DIH) der Deutschen Telekom, der seit 2018 am Markt ist (vgl. Box B 3-1). In der deutschen Wirtschaft werden Datenmarktplätze bislang seltener genutzt als Plattformen für die Transaktionsabwicklung oder Datenspeicherung. Gemäß der oben genannten Umfrage ist rund jedes zehnte Unternehmen in der Informationswirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe auf Datenmarktplätzen aktiv.

Aufgrund des hohen Wertschöpfungsbeitrags des Verarbeitenden Gewerbes wird industriellen IoT-Plattformen in Deutschland und Westeuropa eine große Bedeutung beigemessen. IoT-Plattformen ermöglichen beispielsweise Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie der fertigen Industrie, branchenübergreifend Maschinen- und Anlagendaten zur Statusüberwachung und zur Voraussage notwendiger Wartungsarbeiten zu teilen und mithilfe von KI-gestützten Algorithmen zu analysieren.³⁰¹ Daten wie z.B. Fehlercodes, Bewegungen und Temperatur werden durch Sensoren in Maschinen und Anlagen erfasst. Basierend auf dem Abgleich mit Referenzwerten kann der Zustand einer Anlage kontinuierlich überwacht und im Bedarfsfall direkt nachgesteuert werden (für ein Beispiel vgl. Box B 3-1). Studien schätzen den westeuropäischen Markt für IoT-Plattformen im Jahr 2019 auf ca. drei Milliarden Euro und die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate bis zum Jahr 2024 auf 11 Prozent.³⁰² Nach Aussage der Unternehmen in der oben genannten Umfrage nutzen aktuell 4 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 11 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe B2B-Plattformen zum Zweck der Integration und Aggregation von Maschinendaten.

Nicht zuletzt finden in der deutschen Wirtschaft Innovationsplattformen Anwendung. Hier steht die gemeinsame Entwicklung von Innovationen oder eine Verbesserung des Innovationsprozesses im Vordergrund. Beispielsweise stellt die CrowdWorx GmbH eine Innovationsplattform bereit, auf der Unternehmen kollaborativ in einem offenen Innovationsprozess Produkte und Dienste entwickeln können.³⁰³ Ein weiteres internationales Beispiel ist die Plattform GitHub. Auf dieser Plattform haben Unternehmen die Möglichkeit, Softwareprojekte zu hosten, mit anderen zu teilen und gemeinsam an Projekten zu arbeiten.³⁰⁴ Laut der im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Befragung nutzen 16 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 9 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe B2B-Plattformen für die gemeinsame Entwicklung von Innovationen.

B 3-2 Wettbewerb und Innovation in der Plattformökonomie

Innerhalb eines Plattformökosystems tragen verschiedene Akteure zur Entstehung von Innovationen bei. Zu den Akteuren gehören sowohl die Plattformbetreiber selbst als auch andere Unternehmen, die auf der Plattform komplementäre Dienste anbieten oder die Plattform nutzen, um ihre Prozesse zu verbessern oder neue Produkte und Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Netzwerk- und Skaleneffekte können dafür sorgen, dass in einem Markt nur wenige Plattformbetreiber miteinander konkurrieren. Im Extremfall kommt es zum Kippen des Marktes, in dem nur ein Plattformbetreiber verbleibt (sogenannter Winner-takes-all-Effekt).³⁰⁵ Häufig verfolgen Plattformbetreiber eine aggressive Wachstumsstrategie, um schnell eine kritische Masse an Nutzern zu erreichen und u.a. mit Standards an die eigene Plattform zu binden (sogenannte Lock-in-Effekte), sodass Marktzutrittsbarrieren entstehen. Diese Entwicklungen können unterschiedliche Auswirkungen auf die Innovationsaktivitäten von Plattformbetreibern haben.

Geringer Wettbewerb kann dazu führen, dass marktbeherrschende Plattformbetreiber kaum Anreize haben, in Forschung und Innovation zu investieren und die Qualität ihrer Produkte und Dienste weiter zu verbessern.³⁰⁶ Gleichzeitig entstehen weniger Innovationen durch neue Markteintritte. Dies schränkt den Wettbewerb im Markt, in dem

zumeist inkrementelle Innovationen stattfinden, weiter ein. Der Wettbewerb zwischen Plattformen im Markt kann dadurch begünstigt werden, dass Akteure verschiedene Plattformen gleichzeitig nutzen (sogenanntes Multihoming) und dadurch Lock-in-Effekte abgeschwächt werden. Multihoming wird zum einen durch Interoperabilität von Plattformen, die mittels standardisierter technischer Schnittstellen herbeigeführt wird, ermöglicht. Zum anderen erleichtert sogenannte Datenportabilität Multihoming, d.h. die Möglichkeit, dass Akteure ihre Daten von einer auf eine andere Plattform übertragen können.³⁰⁷

Innovationen können auch dadurch entstehen, dass Plattformbetreiber mit neuen Angeboten in benachbarte Märkte eintreten. Diese Innovationen basieren z.B. auf Daten, die der Plattformbetreiber im etablierten Markt gesammelt hat. Eine weitere Möglichkeit, sich einen neuen Markt durch Innovationen zu erschließen, sind Übernahmen anderer Unternehmen. Allerdings können Übernahmen auch dazu dienen, potenzielle Konkurrenten auszuschalten und zu verhindern, dass sich Innovationen von Start-ups auf dem Markt durchsetzen. Hierdurch kann der etablierte Plattformbetreiber seine marktbeherrschende Stellung weiter ausbauen. Diese Stellung kann ihm durch eine disruptive Innovation streitig gemacht werden. In diesem Fall findet Wettbewerb um den Markt statt.³⁰⁸

B2B-Plattformen für Innovationsaktivitäten förderlich

Die Verwendung von Plattformen kann sich positiv auf die Innovationsaktivitäten der Plattformnutzer auswirken, wenn ein Plattformökosystem innovationsförderliche Bedingungen schafft.³⁰⁹ In der im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Umfrage wurden die Unternehmen nach den positiven oder potenziell positiven Auswirkungen der B2B-Plattformnutzung auf Innovationsaktivitäten und innovationsrelevante Faktoren gefragt. Der vereinfachte Zugang zu Daten wird sowohl in der Informationswirtschaft als auch im Verarbeitenden Gewerbe als wichtigster Vorteil der Plattformnutzung gesehen. Dabei bewerten plattformnutzende Unternehmen den vereinfachten Zugang zu Daten deutlich häufiger positiv als nicht plattformnutzende Unternehmen (vgl. Abbildung B 3-3). Bei den plattformnutzenden Unternehmen in der Informationswirtschaft folgen an zweiter und dritter Stelle die Entwicklung neuer Prozesse oder Kosten-

senkungen und die Einbindung von externen Partnern in den Innovationsprozess. Im Verarbeitenden Gewerbe nehmen bei den plattformnutzenden Unternehmen die größere Reichweite für den eigenen Absatz und die Entwicklung neuer Prozesse oder Kostensenkungen diese Positionen ein.

Eine Befragung von rund 1.260 Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes aus den Jahren 2018 und 2019 deutet zudem auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Einsatz von IoT-Plattformen und dem mit Produktinnovationen generierten Umsatz hin. Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes, die IoT-Plattformen nutzen, weisen einen im Schnitt um 6 Prozentpunkte höheren Umsatz mit Produktinnovationen auf als Betriebe ohne IoT-Plattformnutzung.³¹⁰

Bedeutung von Daten für plattformbasierte Geschäftsmodelle hoch

Obwohl Unternehmen den vereinfachten Zugang zu Daten als wichtigsten Vorteil in der Nutzung von B2B-Plattformen sehen, haben sie Bedenken, ihre Daten mit anderen zu teilen, weil sie erwarten, dass sich dadurch ihre Wettbewerbssituation verschlechtert.³¹¹ Gesamtwirtschaftlich betrachtet würde das Teilen von Daten zwischen Unternehmen jedoch Vorteile bringen.³¹² Daten mit anderen Unternehmen zu teilen, die damit ihre Dienste oder Prozesse verbessern, oder Start-ups zur Verfügung zu stellen, die damit neu entwickelte Algorithmen trainieren, kann sich positiv auf Innovationsaktivitäten auswirken.³¹³ Auch die Verknüpfung verschiedener Datensätze zu Datenpools kann Vorteile bringen, insbesondere wenn sich die Informationen in den zusammengeführten Datensätzen ergänzen.³¹⁴ Dies ist z.B. der Fall, wenn Daten vertikal entlang von Wertschöpfungsketten zusammengeführt und ausgewertet werden. Dadurch lassen sich Effizienzgewinne durch eine bessere Steuerung von Prozessen erzielen oder komplementäre Produkte und Dienste entwickeln.

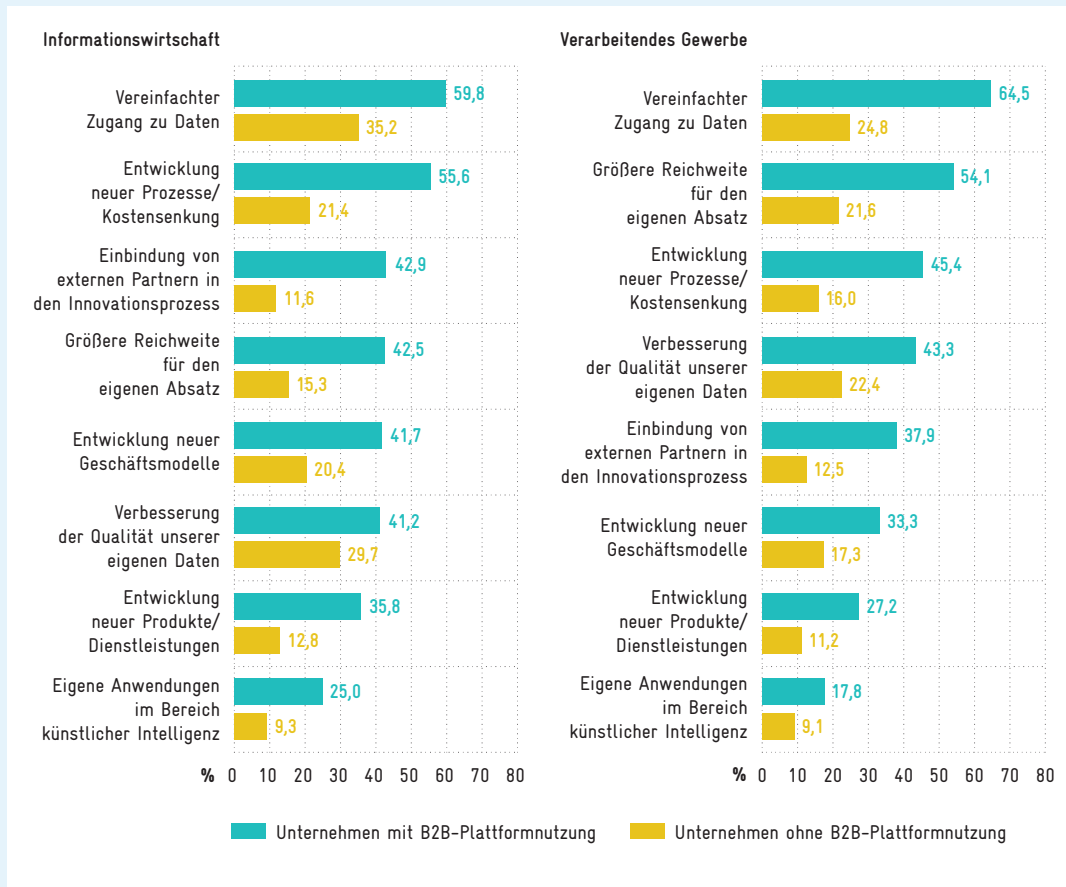
B 3-3 Herausforderungen für Unternehmen

Für Unternehmen hat die Nutzung von B2B-Plattformen nicht nur positive Auswirkungen, sondern ist auch mit verschiedenen Risiken verbunden. In der für die Expertenkommission durchgeführten repräsentativen Umfrage verweisen rund 67 Prozent

Abb. B 3-3 Auswirkungen der Nutzung digitaler B2B-Plattformen auf Unternehmen



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



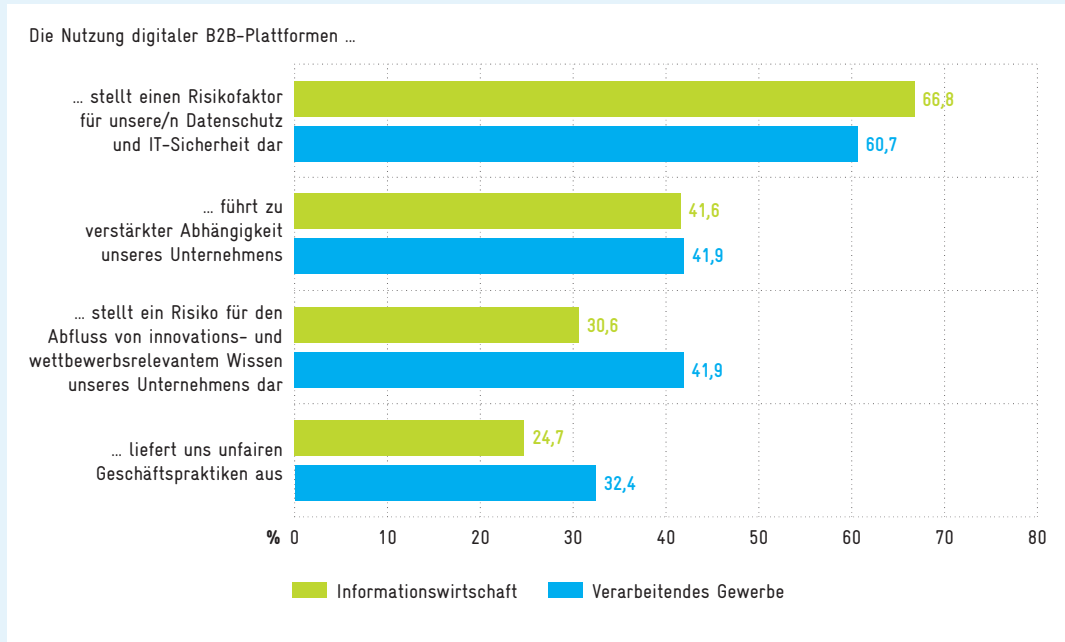
Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse auf die Frage: „Welche Auswirkungen auf Ihr Unternehmen könnte eine Nutzung digitaler B2B-Plattformen potenziell haben/hatte die Nutzung bisher?“. Mehrfachnennungen möglich. Lesebeispiel: 64,5 Prozent der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes, die bereits B2B-Plattformen nutzen, sehen in der bisherigen Nutzung digitaler B2B-Plattformen eine positive Auswirkung durch einen vereinfachten Zugang zu Daten.
Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2021.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 61 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe auf Risiken für den Datenschutz und die IT-Sicherheit (vgl. Abbildung B 3-4).³¹⁵ Eine weitere Sorge, die 42 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und 31 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft äußern, ist der Abfluss von innovations- und wettbewerbsrelevantem Wissen. Diese Befunde verweisen auf die zentrale Bedeutung gegenseitigen Vertrauens zwischen den Plattformakteuren.³¹⁶ Das gemeinsame Betreiben einer B2B-Plattform könnte das Vertrauensproblem von Unternehmen bei der Plattformnutzung lösen.³¹⁷ Bei sogenannten Gemeinschaftsplattformen sind Unternehmen Plattformbetreiber und -nutzer zugleich. Die Plattformmitglieder entscheiden gemeinsam über die Governance-Strukturen, die Ausgestaltung von Algorithmen sowie

Datennutzungsregeln und können diese an ihre individuellen Bedürfnisse anpassen. Ein Vorhaben, das Plattformen unterstützen soll, diese Aspekte zu adressieren, und die Entwicklung von Gemeinschaftsplattformen fördern könnte, ist GAIA-X (vgl. Box B 3-5).

Nach Einschätzung von jeweils 42 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe stellt auch eine verstärkte Abhängigkeit des Unternehmens von der Plattform ein Risiko bei der Nutzung digitaler B2B-Plattformen dar. Fehlende Standards und Kompatibilität sowie fehlende Interoperabilität zwischen Plattformen begünstigen eine solche Abhängigkeit. Sie werden in verschiedenen Studien als weitere Hemmnisse für die Nutzung von B2B-Plattformen genannt.³¹⁸

Abb. B3-4 Risiken für Unternehmen durch die Nutzung digitaler B2B-Plattformen



[Download der Abbildung und Daten](#)

Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse auf die Frage: „Welche Risiken für Ihr Unternehmen verbinden Sie mit der potenziellen bzw. tatsächlichen Nutzung digitaler B2B-Plattformen? Die Nutzung ...“. Mehrfachnennungen möglich. Lesebeispiel: 60,7 Prozent der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes geben an, dass die Nutzung digitaler B2B-Plattformen einen Risikofaktor für ihren Datenschutz und ihre IT-Sicherheit darstellt.

Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2021.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Box B3-5 GAIA-X und Catena-X

Bei dem vom damaligen Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Oktober 2019 initiierten Projekt GAIA-X handelt es sich um ein europäisches Plattformökosystem, das sich aus verschiedenen Plattformen zusammensetzt. Dabei sorgt GAIA-X für einheitliche technische Schnittstellen sowie Standards für Datenschutz und IT-Sicherheit,³¹⁹ auf deren Basis Akteure Daten sicher austauschen und sich international vernetzen können.³²⁰ GAIA-X adressiert damit die Bedenken vieler deutscher Unternehmen, die in der Nutzung einer digitalen Plattform ein Risiko für ihren Datenschutz und ihre IT-Sicherheit sehen (vgl. Abbildung B 3-4).

Bei GAIA-X handelt es sich nicht um einen eigenständigen Cloud-Anbieter. Vielmehr bietet GAIA-X die technischen Voraussetzungen, um Dateninteroperabilität zu gewährleisten und ein Ort zur Vernetzung u.a. für Unternehmen, Forschungseinrichtungen oder Initiativen zu sein. Ein Anwendungsbeispiel von GAIA-X ist das Catena-X Automotive Network (Catena-X).³²¹ Bei Catena-X handelt es sich um ein Netzwerk bestehend aus Unternehmen der Automobilbranche, die gemeinsam in cloudbasierten Datenräumen zusammenarbeiten. Datenräume sind gemeinsame und vertrauenswürdige Transaktionsräume, über die

Daten dezentral z.B. von Unternehmen oder der öffentlichen Verwaltung bereitgestellt und gemeinsam genutzt werden. Standards für die zum Datenaustausch verwendete technische Infrastruktur und gemeinsame Datennutzungsregeln sollen das Vertrauen in Datenräume sicherstellen.³²² Ziel der Datenräume im Rahmen von Catena-X ist es, kollaborativ und offen Daten entlang der automatisierten Lieferkette zu teilen, um auf dieser Basis innovative Geschäftsprozesse und Serviceangebote zu entwickeln.

Die Initiatoren von GAIA-X haben Förderprojekte ins Leben gerufen, um weitere spezifische Datenräume, z.B. für die Bereiche Gesundheit, Mobilität und Bildung, basierend auf der GAIA-X-Infrastruktur einzurichten und langfristig aufzubauen.³²³ Diese Datenräume sollen möglichst offen gestaltet sein, um auch einen Datenaustausch über Bereichsgrenzen hinweg zu ermöglichen.

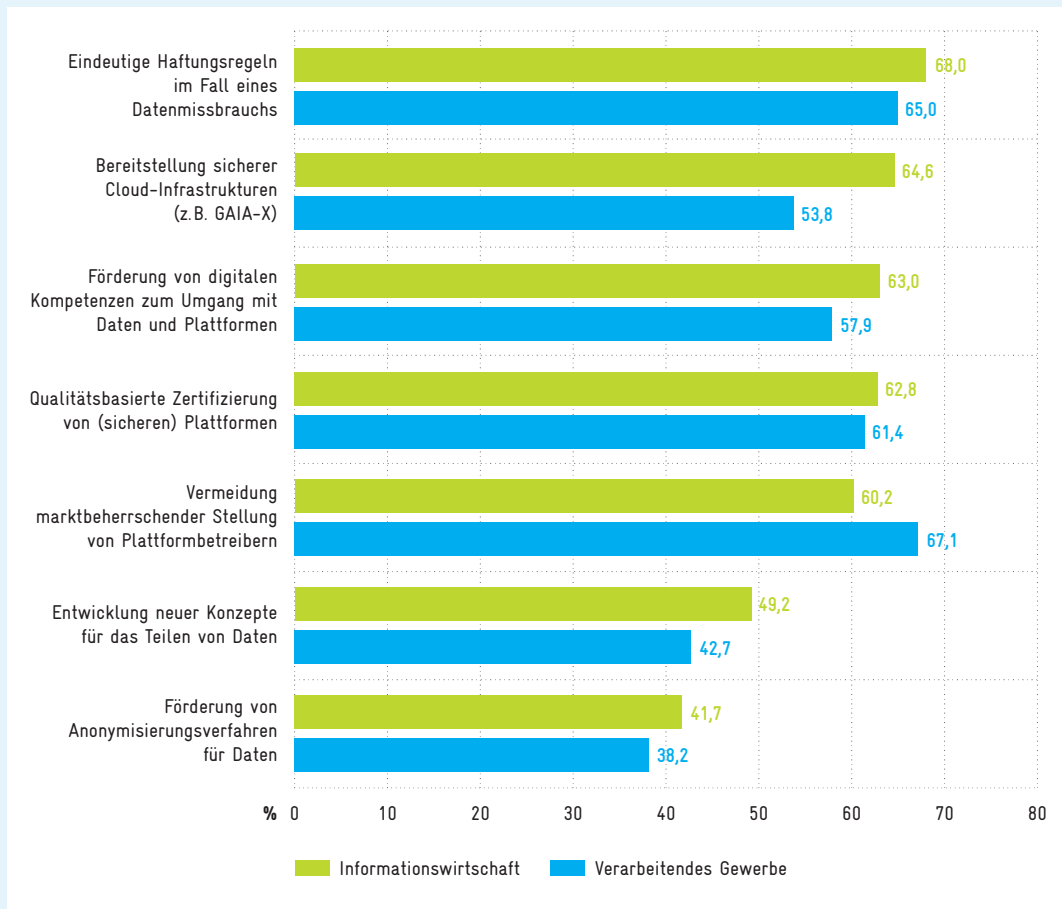
Initiativen wie GAIA-X und Catena-X stellen mögliche Lösungen dafür dar, die Sicherheitsbedenken der Unternehmen beim Datenteilen zu reduzieren und die Bereitschaft, ihre Daten mit anderen zu teilen, zu erhöhen. Zudem soll durch europäische und deutsche Plattformlösungen mehr Unabhängigkeit von bestehenden US-amerikanischen oder chinesischen Cloud-Anbietern geschaffen werden.³²⁴

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind bei der Nutzung von B2B-Plattformen, insbesondere von technisch komplexen IoT-Plattformen, von besonderen Herausforderungen betroffen. Dies spiegelt sich in einer niedrigen Nutzungsrate wider. Die Nutzung von B2B-Plattformen vor allem im industriellen Bereich erfordert hohe Investitionen in den Aufbau der notwendigen IT-Infrastruktur. KMU verfügen häufig nicht über die dafür erforderlichen finanziellen Ressourcen und den dafür erforderlichen digitalen Reifegrad. Zudem mangelt es an (IT-) Fachkräften und Know-how sowie am Bewusstsein für die Potenziale der Plattformnutzung.³²⁵

auf B2B-Plattformen als innovationsförderlich (vgl. Abbildung B 3-6). Mehr als die Hälfte der Unternehmen in der Informationswirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe geben an, dass ihre Innovationstätigkeit von eindeutigen Haftungsregeln im Fall eines Datenmissbrauchs, der Bereitstellung sicherer Cloud-Infrastrukturen und der Förderung von digitalen Kompetenzen zum Umgang mit Daten und Plattformen profitieren würde. Darüber hinaus kämen eine qualitätsbasierte Zertifizierung von (sicheren) Plattformen sowie die Vermeidung einer marktbeherrschenden Stellung von Plattformbetreibern den Innovationstätigkeiten der Unternehmen zugute. Ein etwas kleinerer Anteil der Unternehmen erwartet positive Auswirkungen auf die eigene Innovationstätigkeit durch die Entwicklung neuer Kon-

Die Unternehmen bewerten verschiedene mögliche Maßnahmen der Bundesregierung in Bezug

Abb. B3-6 Mögliche Maßnahmen der Bundesregierung in Bezug auf B2B-Plattformen, von denen die Innovationstätigkeit von Unternehmen profitieren würde



[Download der Abbildung und Daten](#)

Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse auf die Frage: „Von welchen Maßnahmen der Bundesregierung würde die Innovationstätigkeit Ihres Unternehmens profitieren?“. Mehrfachnennungen möglich. Lesebeispiel: 65,0 Prozent der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes geben an, dass ihre Innovationstätigkeit von eindeutigen Haftungsregeln im Fall eines Datenmissbrauchs profitieren würde. Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2021. © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

zepte für das Teilen von Daten und die Förderung von Anonymisierungsverfahren für Daten.

Hinsichtlich der genannten Maßnahmen hat die Politik bereits einige Initiativen ergriffen. Hierzu gehört etwa der Vorschlag der Europäischen Kommission für ein Gesetz über digitale Märkte, das für mehr Wettbewerb unter Plattformbetreibern sorgen soll (vgl. B 3-4). Die Anfang 2020 verabschiedete europäische Datenstrategie sieht vor, das Teilen von Daten durch die Schaffung klarer Zugangs- und Nutzungsregeln zu fördern und sicherer zu machen. Die Gewährleistung eines sicheren Datenaustauschs durch die Bereitstellung sicherer Cloud-Infrastrukturen ist Ziel des im Jahr 2019 angestoßenen Projekts GAIA-X (vgl. Box B 3-5). Das von der Bundesregierung im Rahmen der Förderrichtlinie go-digital neu aufgelegte Modul go-data fördert Beratungsleistungen zur Datenkompetenz.³²⁶

B 3-4 Regulierung digitaler Plattformen

In letzter Zeit wurden weltweit zahlreiche Gesetzesvorhaben und -reformen verabschiedet oder auf den Weg gebracht, die die bestehenden Regelwerke an die Herausforderungen der digitalen Ökonomie anpassen und den Wettbewerb auf digitalen Märkten stärken sollen.³²⁷ Die Regelungen sind auf die großen Plattformbetreiber ausgerichtet, die durch Netzwerk- und Skaleneffekte sehr starke Marktpositionen erreicht haben. Sie gelten sowohl im B2B- als auch im B2C-Kontext. Neben direkten wettbewerbsrechtlichen Regelungen werden auch Fragen des Datenzugangs adressiert.

Auswirkungen wettbewerbsrechtlicher Maßnahmen auf Innovationsaktivitäten unklar

Deutschland hat im Januar 2021 die zehnte Änderung seines nationalen Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) verabschiedet, durch die das Bundeskartellamt umfassendere Kompetenzen zur Regulierung digitaler Plattformen erhält.³²⁸ Die wesentliche Neuerung des sogenannten GWB-Digitalisierungsgesetzes ist die Einführung einer Regelung, die es dem Bundeskartellamt ermöglicht festzustellen, dass einem Unternehmen, das in erheblichem Umfang auf Plattformmärkten aktiv ist, eine überragende marktübergreifende Bedeutung mit potenziell wettbewerbschädlichen Folgen zukommt (§ 19a GWB).³²⁹ Sofern dies der Fall ist, kann das Bundeskartellamt dem Unternehmen ex-ante

Verbote auferlegen, d. h., ohne dass ein Missbrauch nachgewiesen werden muss. So kann z. B. die Bevorzugung von eigenen Diensten untersagt werden. Ebenso kann die Verarbeitung wettbewerbsrelevanter Daten, die das Unternehmen gesammelt hat, um Marktzutrittschranken zu errichten oder spürbar zu erhöhen, unterbunden werden. Dies betrifft auch von anderen Unternehmen erhaltene wettbewerbsrelevante Daten, wenn diese zu anderen als für die Erbringung der eigenen Dienste gegenüber diesen Unternehmen erforderlichen Zwecken verarbeitet werden, ohne diesen Unternehmen eine ausreichende Wahlmöglichkeit zu bieten. Verbote können zudem die Behinderung der Interoperabilität zwischen Produkten oder Diensten oder der Portabilität von Daten betreffen.³³⁰ Bestimmte Verhaltensweisen können vom Verbot ausgenommen werden, wenn das Unternehmen diese sachlich rechtfertigen kann. Im Januar dieses Jahres hat das Bundeskartellamt die erste Entscheidung auf Basis von § 19a GWB getroffen und eine überragende marktübergreifende Bedeutung von Google festgestellt.³³¹

Weitere Änderungen des GWB-Digitalisierungsgesetzes betreffen u. a. die Feststellung einer marktbeherrschenden Stellung. So sind bei der Bewertung der Marktstellung einer Plattform ihre Intermediationsmacht, d. h. die Bedeutung der von ihr erbrachten Vermittlungsdienste für den Zugang zu Beschaffungs- und Absatzmärkten, sowie ihr Zugang zu wettbewerbsrelevanten Daten zu berücksichtigen.³³² Zudem wird der Datenzugang für Dritte durch das GWB-Digitalisierungsgesetz prinzipiell vereinfacht. Zum einen, da Daten als wesentliche Einrichtung (essential facility) definiert werden. Zum anderen, weil sich eine Abhängigkeit daraus ergeben kann, dass ein Unternehmen für die eigene Tätigkeit auf den Zugang zu Daten angewiesen ist, die von einem anderen Unternehmen kontrolliert werden, und diese Abhängigkeit als relevanter Wettbewerbsbelang gilt.³³³ Die Expertenkommission begrüßt diese Erleichterung des Datenzugangs, da von ihr positive Innovationsimpulse ausgehen können.

Der im Dezember 2020 von der Europäischen Kommission veröffentlichte Vorschlag für eine Verordnung über bestreitbare und faire Märkte im digitalen Sektor (Gesetz über digitale Märkte bzw. Digital Markets Act, DMA)³³⁴ zielt darauf ab, den Wettbewerb zwischen Plattformen zu befördern und faires Verhalten der Plattformbetreiber gegenüber ihren Nutzern sicherzustellen.³³⁵ Mit dem DMA ist beabsichtigt, großen marktbeherrschenden

den Plattformen, sogenannten Gatekeepern,³³⁶ Verhaltenspflichten aufzuerlegen, die größtenteils aus missbräuchlichem Verhalten von Plattformbetreibern bei früheren Wettbewerbsfällen abgeleitet wurden.³³⁷ Gatekeepern wird ex-ante u. a. untersagt, im Wettbewerb mit gewerblichen Nutzern nicht öffentlich zugängliche Daten zu verwenden, die durch die Aktivitäten dieser gewerblichen Nutzer generiert werden, oder eigene Produkte oder Dienste auf ihrer Plattform in Rankings gegenüber jenen von anderen Anbietern zu bevorzugen. Zudem werden Gatekeeper dazu verpflichtet, Datenportabilität und Interoperabilität zu ermöglichen.³³⁸ Auf der Basis von Marktuntersuchungen kann die Europäische Kommission die Liste der Verpflichtungen dynamisch anpassen.³³⁹ Kommt ein Gatekeeper den Verpflichtungen nicht nach, kann die Europäische Kommission eine Geldbuße von bis zu 10 Prozent seines Gesamtumsatzes des vorausgegangenen Geschäftsjahres verhängen.³⁴⁰ Bei systematischen Verstößen kann sie Gatekeepern auch verhaltensbezogene oder strukturelle Abhilfemaßnahmen auferlegen bis hin zu einer Zerschlagung des Konzerns.³⁴¹

Der Gesetzentwurf befindet sich derzeit im ordentlichen Gesetzgebungsverfahren der Europäischen Union (EU), in dessen Rahmen das EU-Parlament am 15. Dezember 2021 seine Position zum DMA beschlossen hat.³⁴² Im Parlamentsentwurf wurden u. a. die Schwellenwerte für den Jahresumsatz und die Marktkapitalisierung angehoben, ab der Unternehmen als Gatekeeper eingestuft werden,³⁴³ die Geldbußen bei Nichteinhaltung der Verhaltensregeln erhöht sowie ausgewählte Verhaltensregeln, wie etwa zur Interoperabilität oder zu Standardeinstellungen, verschärft.³⁴⁴

Die Expertenkommission begrüßt grundsätzlich, dass mit dem GWB-Digitalisierungsgesetz und dem in der Abstimmung befindlichen DMA der Wettbewerb auf digitalen Märkten gestärkt und der Zugang zu Daten verbessert werden sollen, da hierdurch Impulse für die Innovationsaktivität von Unternehmen in der Plattformökonomie gesetzt werden können. Unternehmen, die als Anbieter auf den großen Plattformen tätig sind, könnten beispielsweise mit den aus der Plattformaktivität resultierenden und ihnen verpflichtend zur Verfügung gestellten Daten Produkte oder Dienste entwickeln, die komplementär zu Plattformangeboten sind.³⁴⁵ Zudem werden Marktzutrittsschranken reduziert und Wettbewerb auch zwischen Plattformbetreibern

wird begünstigt. Plattformbetreiber sollten folglich mehr Anreize haben, in Forschung und Innovation zu investieren und die Qualität ihrer Produkte und Dienste weiter zu verbessern. Gleichzeitig wird der Marktzutritt für neue Anbieter erleichtert.

Allerdings können die Verbote im bereits geltenden GWB-Digitalisierungsgesetz und die im DMA vorgesehenen Verhaltensauflagen für große Plattformbetreiber deren Innovationsanreize auch verringern. So könnten Restriktionen im Handlungsspielraum der Plattformbetreiber, beispielsweise bei der Verwertung von Daten, dazu führen, dass Innovationen ausbleiben.³⁴⁶ Um Innovationsanreize von Plattformbetreibern zu erhalten, sollten im DMA – wie im GWB-Digitalisierungsgesetz – in begründeten Einzelfällen ebenfalls Ausnahmen von den Verhaltensregeln vorgesehen werden.³⁴⁷ Um eine schnelle Rechtsdurchsetzung nicht zu gefährden, sollte der Gatekeeper so lange an die Verhaltensregeln gebunden sein, bis er die jeweilige Verhaltensweise sachlich gerechtfertigt hat.

Während das GWB-Digitalisierungsgesetz keine strengeren Regeln für Unternehmensübernahmen durch Plattformbetreiber eingeführt hat, sind Gatekeeper gemäß dem geplanten DMA verpflichtet, die Europäische Kommission über jegliche Übernahmestrebungen im digitalen Sektor zu informieren.³⁴⁸ In Fällen systematischer Nichteinhaltung der Verhaltensauflagen sieht der Parlamentsentwurf sogar vor, die Europäische Kommission zu ermächtigen, für einen begrenzten Zeitraum relevante Übernahmen durch Gatekeeper zu untersagen.³⁴⁹ Die Expertenkommission hält schärfere Auflagen bei Unternehmensübernahmen durch Plattformbetreiber für sinnvoll, da in der Gesamtschau vieles dafür spricht, dass eine zu starke Marktkonzentration innovationshemmend wirken kann.³⁵⁰

Die Unterschiede zwischen den im GWB-Digitalisierungsgesetz und im vorgeschlagenen DMA formulierten regulatorischen Rahmenbedingungen können zu Rechtsunsicherheit bei Unternehmen führen und dadurch die Entstehung und Verbreitung innovativer digitaler Geschäftsmodelle behindern.³⁵¹ Dies kann den positiven Impulsen, die von diesen Regelungen auf die Innovationsaktivitäten in der Plattformökonomie ausgehen, zumindest in der Anfangsphase ihrer Umsetzung, entgegenstehen.

Förderung von Datenzugang und Datennutzung angestoßen

Neben den wettbewerbsrechtlichen Maßnahmen wurden in letzter Zeit auch zahlreiche Regelungen verabschiedet oder auf den Weg gebracht, die die Bereitstellung von Daten fördern und das gemeinsame Arbeiten mit Daten durch die Schaffung klarer Regeln erleichtern sollen.³⁵² Dies kann dazu beitragen, die Potenziale datengetriebener Innovationen besser auszuschöpfen.

Die im Juni 2019 in Kraft getretene Neufassung der europäischen Richtlinie über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors (Public Sector Information Directive, PSI-Richtlinie) zielt beispielsweise darauf ab, die Verfügbarkeit von Daten des öffentlichen Sektors zu erhöhen, indem sie europaweite Mindestvorschriften für die Weiterverwendung dieser Daten einführt.³⁵³ Damit werden die Voraussetzungen für die Bildung von Datenräumen auf Plattformen verbessert.

Um das Vertrauen in die gemeinsame Datennutzung zu stärken und Transaktionskosten für Unternehmen beim Datenteilen zu reduzieren, sollen mit dem im November 2020 vorgestellten Daten-Governance-Gesetz (Data Governance Act, DGA), dem ersten von mehreren angekündigten Gesetzesvorschlägen innerhalb der europäischen Datenstrategie, europaweit einheitliche Regeln für das Teilen von Daten geschaffen werden. Ende 2021 haben der Rat der EU und das EU-Parlament eine vorläufige Einigung über den Gesetzentwurf erzielt. Im DGA werden insbesondere Bedingungen für Datenintermediäre, d.h. Anbieter von Diensten zum Datenteilen, definiert und damit eine rechtliche Grundlage für Datentreuhändermodelle gelegt.³⁵⁴ Solche Dienste können beispielsweise die Einrichtung von Plattformen (Datenmarktplätzen) zur Ermöglichung des Austauschs oder der gemeinsamen Verwertung von Daten oder die Einrichtung der technischen Infrastruktur für die Vernetzung von Dateninhabern und -nutzern umfassen. Datenintermediäre müssen gemäß dem DGA v.a. neutral in Bezug auf die ausgetauschten Daten bleiben und dürfen die Daten nicht für andere Zwecke verwenden.³⁵⁵

Ein weiteres zentrales Gesetzesvorhaben der europäischen Datenstrategie ist der auf dem geplanten Daten-Governance-Gesetz aufbauende Datenrechtsakt (Data Act), für den die Europäische Kommission

Ende Mai 2021 ihre Folgenabschätzung veröffentlicht hat.³⁵⁶ Von besonderer Bedeutung für den B2B-Bereich dürfte die vorgesehene Einführung (sektor-)spezifischer Datenzugangs- und Nutzungsrechte sein. Vereinfacht und beschleunigt werden soll zudem die Datenübertragung und -teilung zwischen Unternehmen sowie zwischen Unternehmen und öffentlicher Hand. Hierzu sieht der Datenrechtsakt die Etablierung harmonisierter vertraglicher Standards für das Datenteilen vor. Zudem ist die Schaffung sektorspezifischer europäischer Datenräume ein wichtiges Ziel der europäischen Datenstrategie.³⁵⁷

Rechtssicherheit bei horizontalen Vereinbarungen zur Datennutzung unzureichend

Beeinflusst werden dürften die Entwicklung und das Wachstum von B2B-Plattformen auch durch die Überarbeitung kartellrechtlicher Bestimmungen. Horizontale Vereinbarungen zwischen Unternehmen können u. a. dazu dienen, Risiken zu teilen, Kosten zu sparen, Daten zu teilen, Know-how zu bündeln und Innovationen zu beschleunigen.³⁵⁸ Sie können allerdings auch koordinierende Wirkungen im Hinblick auf sogenannte Hardcore-Vereinbarungen³⁵⁹ wie Preisabsprachen haben und Unternehmen können so gegen das Kartellrecht verstoßen.³⁶⁰

Bestehende europäische Verordnungen, die Unternehmen bei der Selbstprüfung in Bezug auf kartellrechtliche Grenzen horizontaler Unternehmenskooperationen Rechtssicherheit bieten sollen oder horizontale Unternehmenskooperationen unter bestimmten Bedingungen vom Kartellverbot freistellen, laufen Ende 2022 aus. Um über etwaige Reformen zu entscheiden, hat die Europäische Kommission im Jahr 2021 Konsultationen zur Evaluation und Überarbeitung der Regelungen durchgeführt. Dabei wurde u. a. festgestellt, dass die Horizontal-Leitlinien für die Selbstprüfung von Vereinbarungen zum Datenaustausch oder Datenpooling keine ausreichende Rechtssicherheit bieten.³⁶¹ Die zehnte GWB-Novelle eröffnet Unternehmen die Möglichkeit, eine kartellrechtliche Bewertung von Kooperationen durch das Bundeskartellamt vornehmen zu lassen, wenn ein erhebliches rechtliches und wirtschaftliches Interesse an dieser Entscheidung besteht. Mit einem sogenannten Vorsitzendenschreiben kann das Bundeskartellamt Kooperationen informell erlauben.³⁶² Es ist noch nicht absehbar, wie diese Neuregelung horizontale Kooperationen und Innovationsaktivitäten in der B2B-Plattformökonomie verändern wird.

Die bereits verabschiedeten sowie die noch in der Abstimmung befindlichen gesetzlichen Maßnahmen zur Regulierung von digitalen Plattformen zielen darauf ab, Wettbewerb zu stärken und Innovationsanreize zu setzen. Die Vielzahl und Dynamik der auf unterschiedlichen Ebenen ansetzenden gesetzlichen Maßnahmen führen bei Unternehmen jedoch zu Rechtsunsicherheit und könnten so Innovationsaktivitäten beeinträchtigen. Regelungen zur Interoperabilität und Datenportabilität können sowohl positive als auch negative Innovationsanreize setzen. Darum ist es wichtig, die Auswirkungen neuer gesetzlicher Maßnahmen und Regelungen auf die Innovationsaktivitäten der Akteure im Plattformökosystem zu evaluieren.

B3-5 Handlungsempfehlungen

Digitale Plattformen orchestrieren die Interaktion verschiedener Akteursgruppen und ermöglichen die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle sowie neuer Produkte und Dienste. Daten stellen dabei einen zentralen Wertschöpfungsfaktor dar. Hohes Potenzial eröffnen B2B-Plattformen, insbesondere datenbasierte Plattformen, durch deren Nutzung Effizienzgewinne in der Produktion realisiert und Innovationen ermöglicht werden. Es gilt, die mit B2B-Plattformen verbundenen Potenziale zu heben und einen Abfluss der Wertschöpfung deutscher Unternehmen an die zunehmend in den B2B-Bereich vordringenden großen B2C-Plattformen aus den USA und China zu vermeiden. Daher empfiehlt die Expertenkommission folgende Maßnahmen:

Open Data fördern

- Die Vorgaben der PSI-Richtlinie und Maßnahmen der Open-Data-Strategie sollten zügig und konsequent umgesetzt werden, damit auch öffentliche Verwaltungs- und Forschungsdaten für Innovationen besser nutzbar sind.

Aufbau europäischer Datenräume vorantreiben

- Der Aufbau einer leistungs- und wettbewerbsfähigen, sicheren und vertrauenswürdigen Dateninfrastruktur für Europa ist Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung der B2B-Plattformökonomie. GAIA-X kann hierbei eine wichtige Rolle einnehmen und ist daher konsequent umzusetzen.

- Der Erfolg von GAIA-X hängt davon ab, wie gut und schnell es gelingt, neben den vorgesehenen Datenräumen verstärkt Ökosysteme zum Datenteilen aufzubauen und Anwendungen zur Datennutzung zu entwickeln. Dafür sind geeignete Governance-Strukturen zu etablieren.
- Um zu Akzeptanz und Gelingen des Projekts beizutragen, sollte die Bundesregierung die Voraussetzungen dafür verbessern, dass der öffentliche Sektor als Vorreiter eigene Daten und Dienste auf der GAIA-X-Infrastruktur bereitstellen kann.
- Die Bundesregierung wird aufgefordert, die Fortschritte von GAIA-X zeitnah und in regelmäßigen Abständen zu prüfen. Wenn sich abzeichnet, dass GAIA-X deutlich und dauerhaft hinter den gesetzten Zielen zurückbleibt, sollte die Förderung entsprechend angepasst werden.

Anreize zum Datenteilen setzen

- Die Expertenkommission begrüßt die im Entwurf des europäischen Daten-Governance-Gesetzes vorgesehenen Maßnahmen, insbesondere die Einführung von Datenintermediären. Sie weist jedoch darauf hin, die Rahmenbedingungen für Datenintermediäre so zu gestalten, dass Akteure einen Anreiz haben, solche Mittlerdienste anzubieten, und qualitativ hochwertige Dienstleistungen sichergestellt werden.
- Bei der Reform der europäischen Horizontal-Leitlinien und der dazugehörigen Verordnungen, die horizontale Unternehmenskooperationen unter bestimmten Bedingungen vom Kartellverbot freistellen, sollte darauf geachtet werden, die Unsicherheit aufseiten der Unternehmen bei horizontalen Kooperationen zum Datenaustausch mit Blick auf die kartellrechtliche Bewertung möglichst weit zu reduzieren.³⁶³
- Um das Vertrauen in B2B-Plattformökosysteme zu stärken, sollte die Gründung von B2B-Plattformen, die Unternehmen gemeinschaftlich betreiben und gestalten, gefördert werden.

KMU bei der Nutzung von B2B-Plattformen unterstützen

- Insbesondere für KMU sind niedrighschwellige Informations- und Beratungsangebote wichtig. Die bestehenden Initiativen zur Förderung der Anwendung digitaler B2B-Plattformen, wie etwa die Angebote der Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren, sollten fortgeführt und ausgeweitet werden.
- Die Ausbildung von Kompetenzen im Umgang mit Daten sollte weiter gestärkt werden. Vor diesem Hintergrund begrüßt die Expertenkommission die Verlängerung der Förderrichtlinie go-digital bis Ende 2024 und insbesondere das neu aufgenommene Modul go-data, das Beratungsleistungen zur Verbesserung der Datenkompetenz in KMU unterstützt.

Umsetzung von Datenportabilität und Interoperabilität überprüfen

- Da eine verbesserte Datenportabilität und Interoperabilität digitaler Plattformen die gleichzeitige Nutzung mehrerer Plattformen erleichtern und dadurch Wettbewerb und Innovation begünstigen, befürwortet die Expertenkommission die im GWB-Digitalisierungsgesetz und im DMA dazu vorgesehenen

Regelungen. Sie mahnt jedoch an, geeignete Kriterien zu entwickeln, um die Umsetzung von Datenportabilität und Interoperabilität auch überprüfen zu können.

EU-weit einheitliche Plattformregulierung forcieren

- Die weitere Entwicklung des digitalen Binnenmarkts durch EU-weit einheitliche regulatorische Rahmenbedingungen verbessert die Skalierbarkeit plattform- und datenbasierter B2B-Geschäftsmodelle. Daher sollten sich die Bundesregierung und die Europäische Kommission für eine EU-weit einheitliche Plattformregulierung einsetzen.

Innovationswirkungen neuer wettbewerbsrechtlicher Regelungen evaluieren

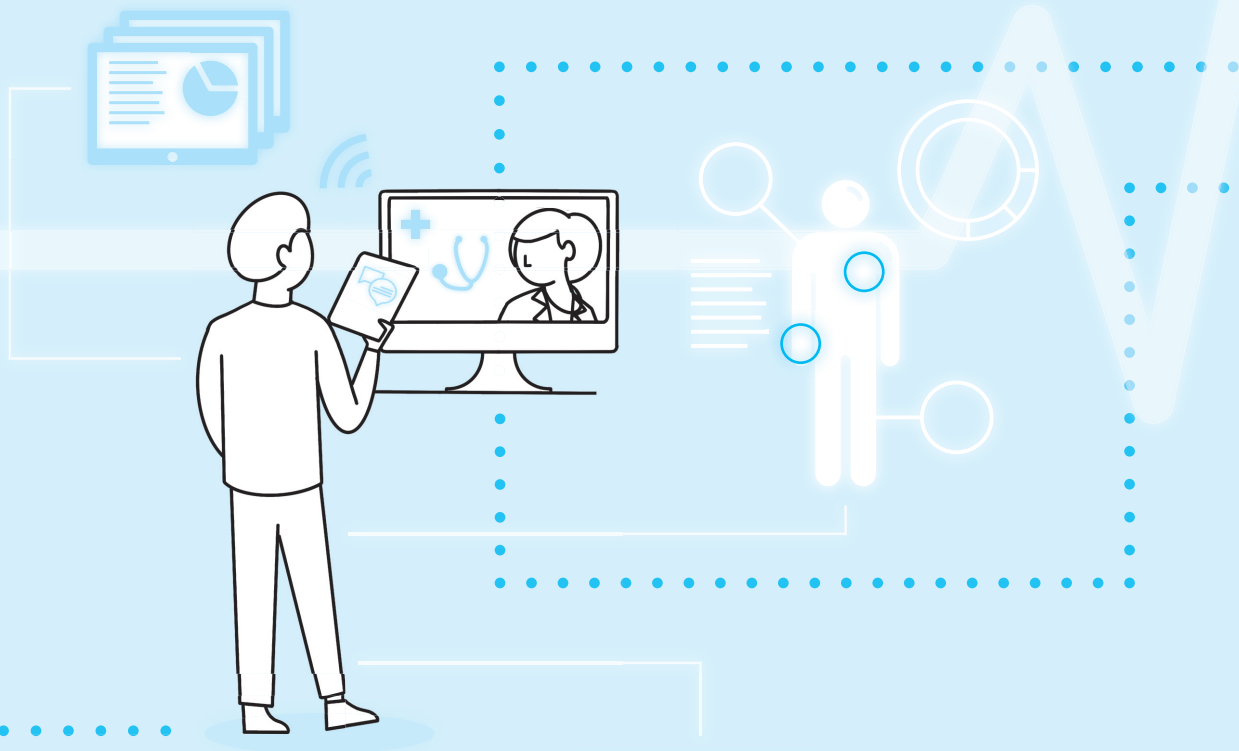
- Aktuell sind die Auswirkungen der regulatorischen Maßnahmen wie der zehnten GWB-Novelle oder des im Abstimmungsprozess befindlichen DMA auf die Innovationsaktivitäten in Plattformökosystemen nicht absehbar. Daher ist es erforderlich, die Maßnahmen nach ihrer Einführung auf ihre Innovationswirkungen hin zu evaluieren. Das Entstehen ähnlich hoher Marktkonzentrationen wie im B2C-Bereich sollte verhindert werden.

B4 Digitale Transformation im Gesundheitswesen

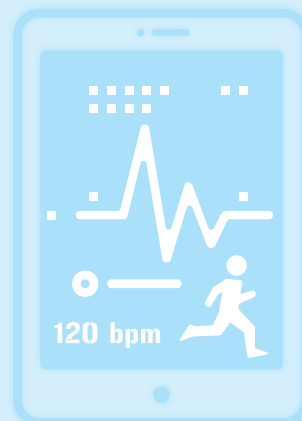


[Download der
Abbildung](#)

Mit der Digitalisierung des Gesundheitswesens werden große Innovations- und Wertschöpfungspotenziale im Hinblick auf eine qualitativ bessere und effizientere Gesundheitsversorgung verbunden. Insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten in Verbindung mit neuen digitalen Analyseverfahren eröffnet Möglichkeiten für eine stärker personalisierte Diagnostik und Therapie.



Telemedizinische Anwendungen wie Videosprechstunden ermöglichen eine Versorgung von Patientinnen und Patienten über räumliche Distanzen hinweg.

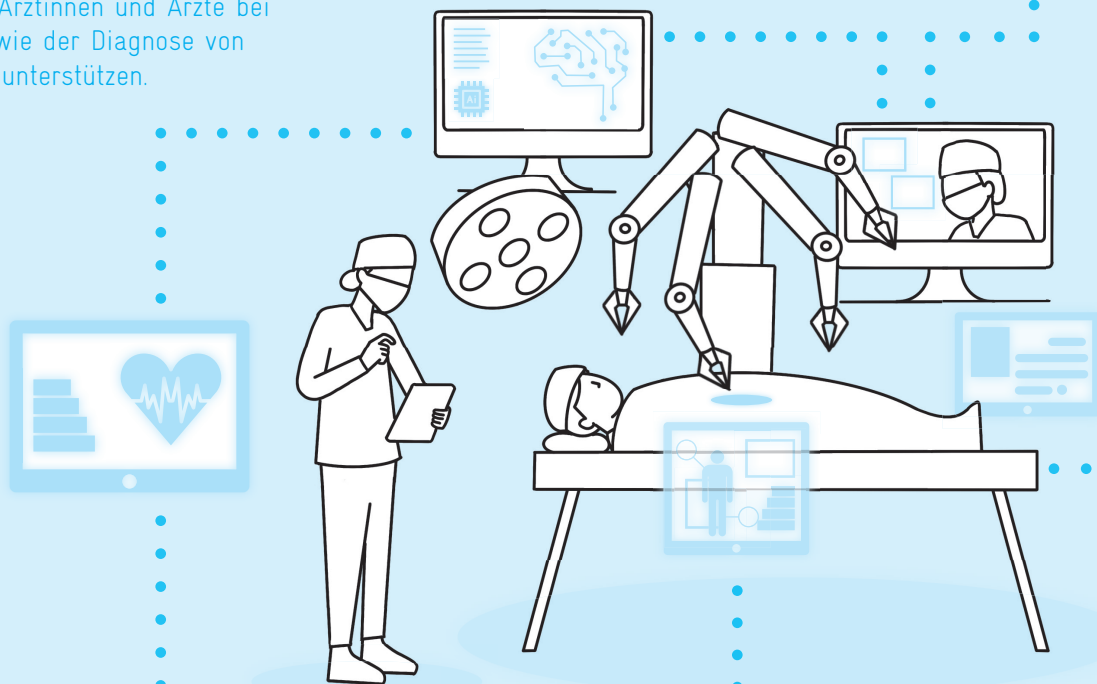




Durch die Analyse von Gesundheitsdaten lassen sich neue Erkenntnisse gewinnen, die einen Wandel hin zu einer personalisierten Medizin ermöglichen.



Verfahren der künstlichen Intelligenz werden in der Medizin bereits heute eingesetzt, um Ärztinnen und Ärzte bei Operationen sowie der Diagnose von Krankheiten zu unterstützen.



B 4 Digitale Transformation im Gesundheitswesen

Mit der Digitalisierung im Gesundheitswesen werden große Innovations- und Wertschöpfungspotenziale verbunden.³⁶⁴ Sowohl in der Verwaltung als auch bei der Behandlung und in der Pflege können digitale Technologien über die Erneuerung und Optimierung von Prozessen die Effizienz der Leistungserbringung steigern und so die Ressourcenallokation verbessern.³⁶⁵ Darüber hinaus können die Anwendung digitaler Technologien und die Nutzung von Gesundheitsdaten dazu beitragen, beispielsweise durch die Verbesserung der individuellen Diagnostik und die Entwicklung innovativer Therapien, die Qualität der Gesundheitsversorgung erheblich zu erhöhen.

Internationale Vergleichsstudien zeigen, dass Deutschland bei der Digitalisierung des Gesundheitswesens weit hinter anderen europäischen Ländern zurückliegt.³⁶⁶ So belegt Deutschland in neueren Benchmarking-Studien überwiegend nur einen Platz im unteren Drittel.³⁶⁷ Ein Beispiel für die schleppende Umsetzung der Digitalisierung im Gesundheitswesen ist die gescheiterte Einführung des elektronischen Rezepts (e-Rezepts). Trotz einer 16-jährigen Planungs- und Vorbereitungsphase ist es nicht gelungen, dieses wie geplant am 1. Januar 2022 in die Anwendung zu bringen. Weitere massive Defizite bei der Digitalisierung im Gesundheitswesen wurden durch die Coronapandemie offengelegt.³⁶⁸

Vor dem Hintergrund dieser Defizite widmet sich das Kapitel der Frage, wie die Umsetzung der digitalen Transformation im Gesundheitswesen vorangebracht und die damit verbundenen Innovationspotenziale gehoben werden können. Dazu wird, ausgehend von einer Bestandsaufnahme der Rahmenbedingungen und bereits umgesetzter Maßnahmen, die Perspektive sukzessive erweitert

und auf künftige Potenziale und Innovationen im Gesundheitswesen gerichtet.

B 4-1 Akteure, gesetzliche Regelungen und Elemente der digitalen Transformation

Gesetzliche Regelungen bilden den Rahmen, um die mit der Digitalisierung des Gesundheitswesens verbundenen Potenziale heben und die Gesundheitsversorgung verbessern zu können. Die technische Grundlage für die digitale Transformation des Gesundheitswesens ist die sogenannte Telematikinfrastruktur (TI), die die Akteure des Gesundheitssystems miteinander vernetzt und einen sicheren, organisationsübergreifenden Informations- und Datenaustausch ermöglicht. Die elektronische Patientenakte (ePA), auf der die Gesundheitsdaten von Patientinnen und Patienten gebündelt werden, ist dabei die wichtigste TI-Anwendung. Darüber hinaus sind Gesundheits-Apps wie die digitalen Gesundheitsanwendungen (DiGA) und telemedizinische Anwendungen wie Videosprechstunden zentrale Elemente der digitalen Transformation des Gesundheitswesens.

Akteure des Gesundheitssystems und gesetzliche Regelungen als Rahmen für digitale Transformation

Die Akteurslandschaft im deutschen Gesundheitssystem ist vielschichtig und heterogen. Es gibt eine Vielzahl von Akteuren mit verteilten Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten, die sich aus dem Selbstverwaltungsprinzip ergeben. Neben Leistungserbringern wie Ärztinnen und Ärzten, Psychotherapeutinnen und -therapeuten sowie weiteren

Angehörigen von Heil- und Pflegeberufen zählen Patientinnen und Patienten zu den Akteuren des Gesundheitssystems. Weitere Akteure sind Krankenhäuser, Apotheken und Pflegeeinrichtungen, als Versicherer die gesetzlichen Krankenkassen (GKV) und private Versicherungsanbieter sowie die Wissenschaft, die Wirtschaft, zahlreiche Interessensvertretungen und die Politik.³⁶⁹

Während der Bundesregierung die Aufgabe zukommt, den gesetzlichen Rahmen für das Gesundheitswesen und dessen Akteure festzusetzen, obliegt den Ländern die Verantwortung für die ambulante und stationäre Versorgung. Für die Ausführung der medizinischen Versorgung und die Abrechnung der Leistungen sind schließlich die Leistungserbringer sowie die Versicherer als Kostenträger verantwortlich.³⁷⁰

Erste gesetzliche Regelungen zur Modernisierung und Digitalisierung des Gesundheitswesens wurden in Deutschland bereits 2003 mit dem Gesetz zur Modernisierung der gesetzlichen Krankenkassen (GKV-Modernisierungsgesetz)³⁷¹ angegangen.³⁷² Darin wurden u. a. die Schaffung einer Informations-, Kommunikations- und Sicherheitsinfrastruktur, der späteren TI, sowie die Einführung der ePA beschlossen.³⁷³ Allerdings verlief die Umsetzung der im Gesetz vorgesehenen Maßnahmen in der folgenden Dekade schleppend.

Um die Prozesse der Digitalisierung zu forcieren, wurde 2015 zunächst das E-Health-Gesetz verabschiedet, in dem konkrete Fristen für die Einführung der TI und der ePA gesetzt wurden. Schließlich wurden in der vergangenen Legislaturperiode weitere Gesetze verabschiedet, um die digitale Transformation im Gesundheitswesen zu beschleunigen. So wurden die Krankenkassen mit dem 2019 verabschiedeten Terminservice- und Versorgungsgesetz u. a. dazu verpflichtet, allen gesetzlich Versicherten zum 1. Januar 2021 eine ePA zur Verfügung zu stellen.³⁷⁴ Das ebenfalls im Jahr 2019 in Kraft getretene Digitale-Versorgung-Gesetz zielt darauf ab, die Versorgung durch Digitalisierung und Innovationen zu verbessern.³⁷⁵ Darin wurde die Möglichkeit geschaffen, digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA) zu verordnen und ihre Nutzung über die gesetzlichen Krankenkassen abzurechnen.³⁷⁶ Außerdem wurde mit dem Gesetz die Erbringung telemedizinischer Leistungen wie Videosprechstunden erleichtert.³⁷⁷ Mit dem im Jahr 2020 verabschiedeten Patientendaten-Schutzgesetz wurde u. a. die verpflichtende

Nutzung des e-Rezepts zum 1. Januar 2022 vorgesehen sowie für gesetzlich Versicherte die Möglichkeit geschaffen, ihre ePA-Daten für Forschungszwecke freizugeben.³⁷⁸

Telematikinfrastruktur (TI) als Rückgrat der Digitalisierung des Gesundheitssystems

Eine digitale Infrastruktur, die alle Akteure des Gesundheitssystems miteinander vernetzt und die einen sicheren, organisationsübergreifenden Informations- und Datenaustausch ermöglicht, ist Grundlage für eine erfolgreiche Digitalisierung. In Deutschland erfüllt die sogenannte Telematikinfrastruktur (TI) diese Aufgaben. Sie besteht aus dezentralen Komponenten³⁷⁹ wie beispielsweise Kartenlesegeräten sowie zentralen Hardware- und Software-Komponenten, zu denen u. a. der sichere E-Mail-Dienst Kommunikation im Medizinwesen (KIM) gehört.³⁸⁰ Diese Komponenten und Dienste stellen die technische Plattform für die Vernetzung von Akteuren und für das Angebot von Fachanwendungen wie der ePA und dem e-Rezept bereit.³⁸¹

Zur konzeptionellen Vorbereitung und Etablierung der TI wurde im Jahr 2005 die gematik als gemeinsame Initiative der Spitzenorganisationen des Gesundheitswesens gegründet.³⁸² Im Weiteren wurden ärztlichen Leistungserbringern mit dem E-Health-Gesetz verpflichtende Fristen für den Anschluss an die TI zum 31. August 2018 gesetzt.³⁸³ Jedoch verhinderten nicht zuletzt gegensätzliche Interessen der Akteure in der Gesellschafterversammlung der gematik in Verbindung mit der erforderlichen Zweidrittelmehrheit bei Entscheidungen die Anbindung der ärztlichen Leistungserbringer zu den gesetzten Fristen. Im Rahmen des Terminservice- und Versorgungsgesetzes kam es deshalb zu einer Neustrukturierung, wodurch das Bundesministerium für Gesundheit 51 Prozent der Geschäftsanteile der gematik übernahm und so deren Hauptgesellschafter wurde. Zudem wurde festgelegt, dass Entscheidungen in der Gesellschafterversammlung mit einfacher Mehrheit getroffen werden können.

Zu den Aufgaben der gematik gehören neben der Konzeption und Etablierung der TI auch die Betriebskoordination und die Weiterentwicklung der TI sowie zugehöriger Fachanwendungen.³⁸⁴ Um die Funktionalität und Sicherheit der TI zu gewährleisten, spezifiziert die gematik funktionale und technische Anforderungen an Komponenten, technische Dienste und Anbieter von Betriebsleistungen und

setzt damit Standards für das digitale Gesundheitswesen. Zudem obliegt ihr die Verantwortung für die Zulassung von Komponenten, Diensten und Anbietern in der TI. Darüber hinaus kommt der gematik die Aufgabe zu, neue technologische Entwicklungen zu beobachten und beim Ausbau der TI zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang erfolgte im Jahr 2021 eine Neukonzeptionierung zur TI 2.0.³⁸⁵ Diese zielt insbesondere darauf ab, über die Digitalisierung analoger Daten hinaus Mehrwert durch die nutzerfreundliche und sichere Vernetzung von Akteuren und die Nutzung von Daten zu schaffen.³⁸⁶

Auf Basis der am 15. Oktober 2021 in Kraft getretenen Gesundheits-IT-Interoperabilitäts-Governance-Verordnung koordiniert die gematik die Interoperabilität und fördert damit den friktionslosen und effizienten Datentransfer zwischen den Akteuren des deutschen Gesundheitswesens.³⁸⁷

Die Reform der gematik hat dazu beigetragen, Blockaden, die die Etablierung der TI jahrelang verzögert und behindert haben, zu überwinden. Wichtig wird es in den kommenden Jahren sein, die TI zügig auszubauen und entlang der sich wandelnden Bedarfe weiterzuentwickeln.

Elektronische Patientenakte (ePA) als Kernelement des digitalen Gesundheitswesens

Eine ePA erfasst die wichtigsten gesundheitsrelevanten Informationen von Versicherten in einem digitalen Dokumentationssystem und stellt diese Informationen Leistungserbringern fach-, einrichtungs- und sektorenübergreifend zur Verfügung. Sie ist ein Kernelement eines digitalisierten Gesundheitswesens.³⁸⁸

Durch den unmittelbaren und ortsunabhängigen Zugang zu strukturierten Informationen kann eine ePA eine bedarfsgerechtere und besser koordinierte Versorgung ermöglichen. Beispielsweise kann sie durch ein integriertes Medikamenteneinnahmemanagement die Einhaltung medizinischer Verordnungen verbessern.³⁸⁹ Darüber hinaus kann die Nutzung einer ePA auch zu mehr Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen beitragen.³⁹⁰ So kommt eine Metastudie aus den USA zu dem Ergebnis, dass Krankenhäuser, die eine ePA mit Grundfunktionen verwenden, um 12 Prozent niedrigere Durchschnittskosten aufweisen als Krankenhäuser, die keine ePA einsetzen. Die Einsparungen werden in der Studie v. a. auf die Reduzierung von Medi-

kationsfehlern, effizientere Organisationsprozesse und verkürzte Krankenhausaufenthalte zurückgeführt.³⁹¹ Schließlich kann die Verwendung von ePA-Daten zu Forschungszwecken dazu beitragen, Krankheiten früher zu diagnostizieren und passgenauere Therapien zu finden.³⁹²

Die Einführung der ePA war in Deutschland bereits im Rahmen des GKV-Modernisierungsgesetzes im Jahr 2003 vorgesehen. Allerdings gelang es den Akteuren der Selbstverwaltung in den darauffolgenden Jahren nicht, die ePA zu implementieren. Erst mit den in der Legislaturperiode 2017 bis 2021 verabschiedeten Gesetzen zur Digitalisierung des Gesundheitswesens wurde ein konkreter Fahrplan zur Einführung der ePA festgelegt.³⁹³

Im Rahmen der ersten Ausbauphase seit Januar 2021 wurde es gesetzlich Versicherten ermöglicht, eine von ihren Krankenkassen bereitgestellte ePA zu nutzen. Damit konnten erste Dokumente wie der Notfalldatensatz,³⁹⁴ der Medikationsplan und Arztbriefe in der ePA gespeichert werden. Die zum Januar 2022 in Kraft getretene zweite Ausbauphase sieht vor, dass gesetzlich Versicherte u. a. digital auf ihren Impfpass zugreifen können. In der dritten Ausbaustufe, deren Start zum Januar 2023 geplant ist, sollen gesetzlich Versicherte die Möglichkeit erhalten, ihre auf der ePA gespeicherten Daten pseudonymisiert zu Forschungszwecken freizugeben.³⁹⁵

Die Nutzung der ePA erfolgt bisher auf freiwilliger Basis. Bis Ende 2021 hatten sich hierfür erst 312.000 der rund 73 Millionen gesetzlich Versicherten in Deutschland entschieden.³⁹⁶ Für die Einrichtung der ePA und die Zuteilung von Datenbearbeitungsrechten ist derzeit im Patientendatenschutzgesetz ein mehrstufiges Zustimmungsverfahren (Opt-in-Verfahren³⁹⁷) durch die Versicherten vorgesehen. Nutzerinnen und Nutzer müssen den jeweiligen behandelnden Leistungserbringern per Zustimmung Zugriff auf ihre ePA-Daten erteilen, wobei die Einwilligung für jeden in die Behandlung involvierten Leistungserbringer separat erteilt werden muss.³⁹⁸ Dieses umständliche Zustimmungsverfahren sowie die fehlende Bekanntheit der ePA tragen dazu bei, dass sich nur wenige Versicherte für die Einrichtung der ePA entscheiden und diese dadurch nicht flächendeckend in die Anwendung gelangt, wie es auch in Frankreich der Fall war (vgl. Box B 4-1). Die im Koalitionsvertrag geplante Einführung eines Opt-out-Verfahrens³⁹⁹ erachtet die Expertenkommission daher als zielführende

Anpassung. Darüber hinaus sollten die Krankenkassen anhand nützlicher Anwendungen, wie der elektronischen Speicherung des Medikationsplans, den Versicherten den Mehrwert der Nutzung der ePA für eine bessere Versorgung aufzeigen.

Box B 4-1 Die österreichische elektronische Gesundheitsakte und das französische Dossier Médical Partagé

In Österreich wird die elektronische Gesundheitsakte (ELGA), die einen fach- und einrichtungsübergreifenden Zugriff auf Gesundheitsdaten durch Leistungserbringer ermöglicht, seit 2015 schrittweise eingeführt.⁴⁰⁰ Im Rahmen der Einführung der ELGA wurde mit dem Elektronische Gesundheitsakte-Gesetz die rechtliche Grundlage für eine Opt-out-Regelung geschaffen. Demnach wird zunächst für alle Bürgerinnen und Bürger eine ELGA angelegt, jedoch können sich diese jederzeit über die ELGA-Widerspruchsstelle abmelden. Im Juni 2021 verfügten knapp 97 Prozent der Bürgerinnen und Bürger in Österreich über eine ELGA, die auch entsprechend genutzt wird: Stand Oktober 2021 wurden 89 Prozent aller Laborbefunde und 91 Prozent der ärztlichen Entlassungsbriefe in strukturierter, austauschbarer und maschinenlesbarer Form erfasst.⁴⁰¹

Die Einrichtung der französischen ePA (Dossier Médical Partagé, DMP) verlief seit der Einführung im Jahr 2006 sehr schleppend. Von den vorgesehenen knapp 40 Millionen DMP existierten im Jahr 2016 nur rund 580.000. Als wesentliche Gründe werden das restriktive und komplizierte Zugriffsmanagement sowie die Opt-in-Regelung angeführt. Nach der Reform im Jahr 2018 mit diversen strukturellen Anpassungen, wie der Verbesserung der Interoperabilität und stärkeren Finanzierungsanreizen für Leistungserbringer, konnte die Nutzung auf acht Millionen DMP erhöht werden.⁴⁰²

Telemedizinische Anwendungen als Ergänzung der Versorgung

Telemedizin umfasst neben der medizinischen Versorgung über räumliche und zeitliche (asynchrone) Distanzen hinweg⁴⁰³ auch allgemein Versorgungskonzepte zur Erbringung medizinischer Leistungen mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien.⁴⁰⁴ Trotz der großen Potenziale von ärztlichen Videosprechstunden für eine verbesserte Gesundheitsversorgung verblieb die Nutzung entsprechender Angebote lange Zeit auf einem niedrigen Niveau. So wurden von März bis Dezember 2019 deutschlandweit rund 2.800 Videosprechstunden durchgeführt. Maßgeblich von der Coronapandemie und einigen regulatorischen Vereinfachungen beeinflusst stieg diese Anzahl im gleichen Zeitraum des Folgejahres auf über 2,5 Millionen.⁴⁰⁵

Telemedizinanwendungen können positive Auswirkungen auf die Gesundheitsversorgung haben.⁴⁰⁶ So können sie zum einen dazu beitragen, den allgemeinen Gesundheitsstatus von Patientinnen und Patienten zu verbessern. Zum anderen können durch sie Zeit- und Kostenersparnisse aufseiten der Leistungserbringer realisiert werden.⁴⁰⁷ Insbesondere vor dem Hintergrund des aktuellen und sich in Zukunft verstärkenden Ärztemangels in ländlichen Regionen werden mit telemedizinischen Anwendungen große Potenziale für die Sicherstellung der Versorgung verbunden.⁴⁰⁸ Jedoch weisen Bürgerinnen und Bürger auf dem Land Studien zufolge tendenziell eine geringere Akzeptanz hinsichtlich telemedizinischer Leistungen auf als Bürgerinnen und Bürger in der Stadt.⁴⁰⁹ Außerdem greifen ältere Personen nur zu einem geringeren Anteil auf telemedizinische Gesundheitsleistungen zurück als jüngere Personen.⁴¹⁰

Damit zugelassene und therapeutisch sinnvolle Möglichkeiten der Telemedizin stärker genutzt werden, spielen die Leistungserbringer, insbesondere die niedergelassenen Ärztinnen und Ärzte, eine wichtige Rolle. Um sich für diese Behandlungsform zu entscheiden, benötigen sie ausreichende finanzielle Anreize. Derzeit werden telemedizinisch erbrachte Leistungen generell zu den gleichen Kostensätzen abgerechnet wie konventionell erbrachte Leistungen, teilweise aber auch zu geringeren Kostensätzen.⁴¹¹ Für den in der Einführungsphase erforderlichen zusätzlichen Aufwand – für die Anschaffung von Soft- und Hardware, Weiter-

bildung, zusätzliche Information und Aufklärung von Patientinnen und Patienten – gibt es Zuschüsse und Fördermöglichkeiten.⁴¹² Eine solche Förderung der anfänglichen Investitionskosten der Leistungserbringer erscheint angesichts der mit der breiten Anwendung von Telemedizin verbundenen dynamischen Effizienzgewinne sinnvoll. In einer Anfangsphase erscheint es vor diesem Hintergrund ebenfalls sinnvoll, telemedizinisch erbrachte Leistungen mit den gleichen Honoraren wie vergleichbare konventionell erbrachte Leistungen zu vergüten. Ist die Etablierung der Telemedizin erreicht, sollten die bei den Leistungserbringern entstehenden Effizienzgewinne angemessen zwischen diesen und den Versicherten verteilt und Kostensätze entsprechend angepasst, also reduziert werden.

Potenziale digitaler Gesundheitsanwendungen

Mit der Einführung der DiGA im Oktober 2020 ist Deutschland das erste Land, in dem es Ärztinnen und Ärzten sowie Psychotherapeutinnen und -therapeuten möglich ist, sogenannte „Apps auf Rezept“ zu verordnen.⁴¹³ Bei DiGA handelt es sich um zertifizierte Medizinprodukte, deren Hauptfunktion auf digitalen Technologien beruht und der Diagnose oder Behandlung von Krankheiten dient.⁴¹⁴ Anders als bei üblichen Gesundheits- oder Fitnessapps werden die Kosten für DiGA von der Krankenkasse erstattet.

Eine Voraussetzung für die Verordnung von DiGA ist deren Aufnahme in das DiGA-Verzeichnis. Damit eine DiGA durch das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) in das offizielle DiGA-Verzeichnis aufgenommen werden kann, müssen die Hersteller u. a. angeben, zu welchem positiven Versorgungseffekt die Anwendung führt, und Nachweise zu Datenschutzanforderungen liefern. Im Rahmen des Fast-Track-Zulassungsverfahrens, das eine Bewertungszeit durch das BfArM von höchstens drei Monaten vorsieht, besteht neben einer dauerhaften Aufnahme auch die Möglichkeit einer vorläufigen Aufnahme in das DiGA-Verzeichnis von maximal einem Jahr.⁴¹⁵ Insgesamt 20 der aktuell 28 für die Erstattung in der Regelversorgung zugelassenen DiGA sind bislang nur vorläufig in das Verzeichnis aufgenommen worden. Die meisten der zugelassenen DiGA zielen auf die Behandlung psychischer Erkrankungen ab.⁴¹⁶ Nach Angaben des Dachverbands der Betrieblichen Krankenkassen haben bis Ende 2021 mindestens 39.000 gesetzlich Versicherte eine im

DiGA-Verzeichnis gelistete Anwendung in Anspruch genommen.⁴¹⁷

Um eine schnellere Erstattungsentscheidung zu erreichen, könnte die im Zulassungsprozess für die Aufnahme in das DiGA-Verzeichnis nachzuweisende Evidenz stärker von der Gefahr unerwünschter Nebenwirkungen und dem Grad der Vulnerabilität der Zielgruppe abhängig gemacht werden.⁴¹⁸ Darüber hinaus sollten die bei der Verordnung und Anwendung von DiGA entstehenden Daten von den Krankenkassen dazu genutzt werden, diese regelmäßig hinsichtlich ihrer medizinischen Wirksamkeit zu evaluieren. Die Hersteller sollten dies mit Blick auf die technische Funktionalität der DiGA tun.

Aufgrund ihres direkten Bezugs zu Patientinnen und Patienten sind die Einstellungen der Leistungserbringer gegenüber appbasierten Therapieanwendungen für die Verbreitung der DiGA von großer Bedeutung. Studien zeigen, dass eine Mehrheit der darin befragten Ärztinnen und Ärzte sowie Psychotherapeutinnen und -therapeuten DiGA⁴¹⁹ und Gesundheitsapps⁴²⁰ grundsätzlich positiv gegenübersteht und in deren Anwendung einen eindeutigen Mehrwert für Patientinnen und Patienten erkennt. Gleichwohl verweisen die Befragten mehrheitlich auf bestehende Unsicherheiten und fehlende Informationen hinsichtlich der Anwendung von DiGA, der Datensicherheit und der medizinischen Evidenz, was letztendlich die adäquate Beratung und Begleitung der Patientinnen und Patienten erschwert.

Gemäß einem im Dezember 2021 abgeschlossenen Schiedsverfahren zur Regelung von Höchstpreisen im Rahmenvertrag zwischen DiGA-Herstellern und dem GKV-Spitzenverband erfolgt die Erstattung im ersten Jahr nach der Aufnahme in das DiGA-Verzeichnis zukünftig bis zu gruppenspezifischen Höchstpreisen.⁴²¹ Diese richten sich insbesondere nach der jeweiligen Indikationsgruppe und sollen halbjährlich bei Bedarf angepasst werden. Ausnahmen für die Erstattungsgrenze bestehen für Anwendungen, die hauptsächlich seltene Erkrankungen adressieren oder deren Hauptfunktion auf künstlicher Intelligenz basiert. Ebenso sind die ersten 2.000 Verschreibungen einer Anwendung vom Höchstpreis befreit. Die langfristigen Vergütungsbeträge der einzelnen Anwendungen über die ersten zwölf Monate hinaus werden im Rahmen von Verhandlungen zwischen dem GKV-Spitzenverband und den einzelnen Herstellern festgelegt.

Um die Höhe der Erstattung zudem enger an den tatsächlichen Mehrwert und die längerfristige Nutzung der jeweiligen Anwendung zu knüpfen, werden in aktuellen Überlegungen auch nutzungs- oder performancebasierte Vergütungsmodelle diskutiert.⁴²² Hierdurch könnten noch stärkere Anreize für qualitativ hochwertige Angebote aufseiten der Hersteller geschaffen und eine zu hohe Kostenbelastung der Krankenkassen vermieden werden.

B 4-2 Nutzung von Gesundheits- und Versorgungsdaten für Forschung und Innovation

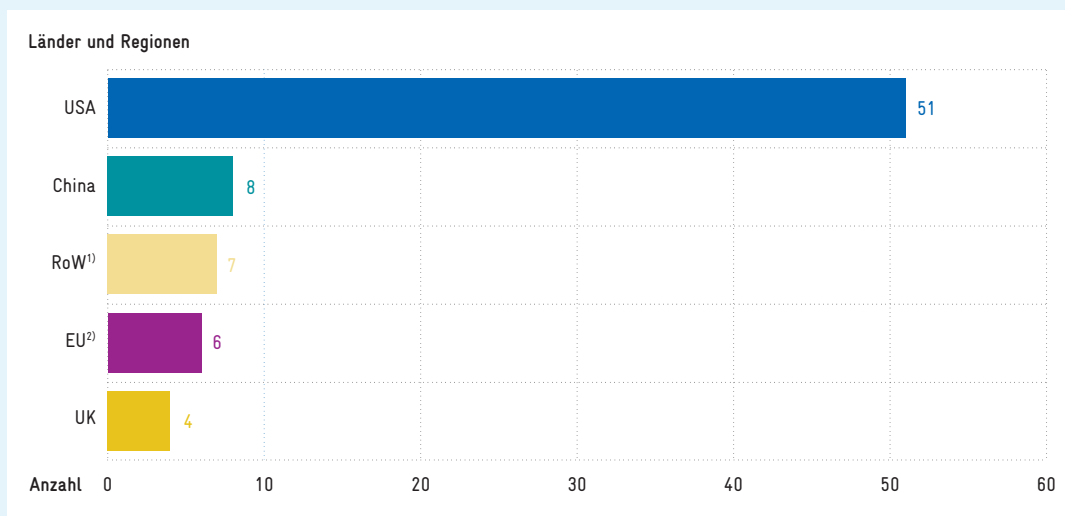
Daten sind essenziell für die Weiterentwicklung der medizinischen Forschung, der Public-Health-Forschung⁴²³ sowie der Gesundheitsversorgung. Insbesondere durch die Entwicklung neuer Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten können sie dazu beitragen, die Gesundheitsversorgung maßgeblich zu verbessern und Innovationen in der Gesundheitswirtschaft, etwa im Health-Tech-Bereich, zu unterstützen (vgl. Box B 4-2).

Box B 4-3 Health-Tech-Innovationen

Zwischen 2019 und 2021 hat sich im Bereich Health-Tech die Anzahl der Unicorns, d.h. der Start-ups mit einer Marktbewertung von über einer Milliarde US-Dollar, weltweit von 38 auf 76 verdoppelt.⁴²⁴ Die mit Abstand meisten der Unicorns entfallen mit 51 auf die USA (vgl. Abbildung B 4-3). In China sind acht und in der EU sechs Unternehmen dieses Typs, mit Ottobock⁴²⁵ und ATAI Life Sciences⁴²⁶ zwei davon in Deutschland, ansässig. Die Marktbewertung aller Health-Tech-Unicorns beläuft sich auf über 160 Milliarden US-Dollar,

wovon rund 75 Prozent auf US-Unicorns entfallen. Neben der Entwicklung individueller Diagnosen und Therapien mittels künstlicher Intelligenz agieren die Unternehmen u.a. in den Bereichen der Früherkennung und des Verhaltensmanagements.⁴²⁷ So entwickelt Oxford Nanopore, ein Spin-off der Universität Oxford, beispielsweise neue Sequenzierungstechnologien, die zur Diagnose von Krebserkrankungen eingesetzt werden können.⁴²⁸ Im Bereich des Verhaltensmanagements nutzt die App Noom neueste Erkenntnisse aus der Verhaltensforschung, um Menschen zu befähigen, ihre Gesundheit zu verbessern und gesünder zu leben.⁴²⁹

Abb. B 4-3 Anzahl der Health-Tech-Unicorns nach Ländern und Regionen 2021



¹⁾ ROW = Rest of the World. Umfasst die Schweiz und Israel mit je zwei Unicorns sowie Indien, Kanada und Südkorea mit je einem Unicorn.

²⁾ Je zwei Unicorns sind in Deutschland und Frankreich ansässig; auf Irland und Schweden entfällt je ein Unicorn.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage der Daten von www.holoniq.com/healthtech-unicorns/.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Daten entstehen sowohl im medizinischen Forschungs- und Entwicklungsprozess als auch im Rahmen der Behandlung von Patientinnen und Patienten. Dabei trägt die Digitalisierung dazu bei, die Verfügbarkeit bereits existierender Gesundheitsdaten entlang der gesamten medizinischen Versorgungskette zu verbessern sowie neue Daten in großem Umfang zu generieren. Die Analyse dieser Daten eröffnet insbesondere in der datenbasierten Medizinforschung Innovationspotenziale.

Potenziale von Daten im Gesundheitswesen

Daten, die explizit für medizinische Forschungszwecke erhoben werden, können dazu beitragen, neue medizinische und therapeutische Erkenntnisse zu gewinnen und deren Translation in die Anwendung zu ermöglichen. So liefern Daten aus klinischen Studien u. a. Hinweise zur Sicherheit und Wirksamkeit von Therapeutika. Zudem können Daten aus Biobanken und klinischen Registern genutzt werden, um Krankheitsursachen zu erforschen.⁴³⁰

Darüber hinaus können Daten aus der alltäglichen Versorgung, die im Zusammenhang mit der Behandlung von Patientinnen und Patienten generiert werden, im Rahmen einer Sekundärnutzung für die Forschung genutzt werden.⁴³¹ Beispielsweise können diese Daten in der medizinischen Forschung dazu verwendet werden, vergleichende Wirksamkeitsstudien durchzuführen sowie den Verlauf von Therapien zu verfolgen.⁴³² Versorgungs- und Abrechnungsdaten erlauben es zudem, im Rahmen der Public-Health-Forschung neue Konzepte für die Krankenversorgung zu entwickeln. Die umfassende Bündelung von Gesundheitsdaten aus der Versorgung, die durch eine ePA ermöglicht wird, erleichtert deren Nutzung und birgt große Potenziale für die Verbesserung von Gesundheitsleistungen.⁴³³ So werden in Großbritannien anonymisierte Daten seit über 30 Jahren u. a. verwendet, um Fragen der Arzneimittelsicherheit, der Arzneimittelanwendung sowie der Effektivität gesundheitspolitischer Maßnahmen zu untersuchen.⁴³⁴

Durch die umfassende Analyse von Daten mit digitalen Technologien lassen sich in der Forschung neue Erkenntnisse gewinnen, die einen Wandel hin zu einer personalisierten Medizin ermöglichen.⁴³⁵ So basiert die datengetriebene Medizinforschung insbesondere auf der Analyse von großen Datenmengen unter Einsatz von Hochleistungsrechnern. Besonders im Bereich der Analyse von

medizinischen Bildaufnahmen sind Verfahren der künstlichen Intelligenz bereits weit entwickelt und werden u. a. eingesetzt, um Ärztinnen und Ärzte bei der Diagnose von Krankheiten, wie beispielsweise Hautkrebs, zu unterstützen.⁴³⁶

Genetische Daten haben das Potenzial, die Erforschung von Krankheiten erheblich voranzubringen. So ermöglicht die Genomsequenzierung mit digitalen Hochdurchsatzverfahren im Fall von SARS-CoV-2 das Aufspüren von Virusvarianten und deren Veränderung hinsichtlich ihres Übertragungsverhaltens. Auch können anhand der Ergebnisse der Sequenzierung die Schwere der durch die SARS-CoV-2-Varianten verursachten Erkrankungen gemessen und zielgerichtete Maßnahmen ergriffen werden.⁴³⁷ Die im Rahmen von Horizont 2020 geförderte „1+ Million Genomes“-Initiative zielt darauf ab, Daten aus regionalen, nationalen und internationalen Projekten – unter strenger Berücksichtigung des Datenschutzes und der Datensicherheit – systematisch zusammenzuführen und für die Forschung zu erschließen.⁴³⁸ Bis 2022 soll so Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in der EU der länderübergreifende Zugang zu mindestens einer Million Genomsequenzen ermöglicht werden. Der Umfang der Daten ermöglicht es Forschenden, neue und belastbarere Erkenntnisse über die Entstehung von Krankheiten zu gewinnen und Möglichkeiten für neue personalisierte Diagnosen und Therapien zu entwickeln.

Interoperabilität, Infrastruktur und Datenzugang

Um die Nutzbarkeit von Gesundheits- und Versorgungsdaten für Forschungszwecke in großer Breite und bei hoher Datenqualität sicherzustellen, bedarf es einer strukturierten und standardisierten Datenerhebung sowie eines gesicherten und effizienten Datenzugangs. Dabei muss die Interoperabilität gewährleistet sein, sodass der Austausch zwischen verschiedenen IT-Systemen über Schnittstellen hinweg und die Verknüpfbarkeit von Daten aus verschiedenen Quellen ermöglicht wird.⁴³⁹ Ebenso sollten die potenziell für die Forschung nutzbaren Daten entsprechend dem FAIR Data Principle⁴⁴⁰ auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar sein.

Vonseiten der Politik gibt es verschiedene Initiativen, die auf die Förderung der Interoperabilität, des Zugangs zu Daten und des Ausbaus der Dateninfrastruktur abzielen. So arbeiten in der seit 2016 vom

Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Medizininformatik-Initiative (MII) Forscherinnen und Forscher aus Medizin, Informatik und anderen Fachrichtungen aller deutschen Universitätskliniken in Konsortien zusammen, um u. a. Interoperabilitätslösungen zu entwickeln.⁴⁴¹ Im Rahmen der Initiative wurden zum ersten Mal in Deutschland Lizenzen der medizinischen Terminologie SNOMED CT genutzt. Auf Basis dieser Terminologie wird von den Konsortien der MII ein Kerndatensatz aufgebaut, der die übergreifende Nutzung von Gesundheitsdaten für die Forschung ermöglicht.⁴⁴²

Die 2018 beschlossene und derzeit im Aufbau befindliche Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) verfolgt die systematische Erschließung, nachhaltige Sicherung und Zugänglichmachung von Datenbeständen aus Forschung und Wissenschaft. Dabei werden auch zwei Konsortien aus dem Bereich der Gesundheitsforschung mit dem Ziel gefördert, neue Möglichkeiten für die Datenanalyse zu schaffen sowie die gemeinsame Nutzung von Gesundheitsdaten zu erleichtern.⁴⁴³ Das Konsortium NFDI4Health, die Nationale Forschungsdateninfrastruktur für personenbezogene Gesundheitsdaten, fokussiert auf Daten, die u. a. in klinischen und Public-Health-Studien generiert werden. Das Ziel des German Human Genome-Phenome Archive, des zweiten geförderten Konsortiums, besteht darin, ein Genomarchiv aufzubauen.

Der administrative Aufwand für den Zugang und die Nutzung von Gesundheitsdaten muss für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler möglichst gering sein. Diese Aufgabe kann das derzeit im Aufbau befindliche Forschungsdatenzentrum Gesundheit leisten, das sich bei der Ausgestaltung an Findata orientiert (vgl. Box B 4-4).⁴⁴⁴ Es kann für effiziente Antrags- und Genehmigungsverfahren für die Datennutzung sorgen und den Datenschutz gewährleisten.

B 4-3 Hemmnisse für die digitale Transformation

Trotz der großen Potenziale, die mit der Digitalisierung für die Verbesserung der Versorgung sowie die Weiterentwicklung des Gesundheitswesens verbunden werden, liegt Deutschland im internationalen Vergleich weit hinter anderen europäischen Ländern zurück. Die Gründe hierfür sind vielschich-

Box B 4-4 Findata

Das Beispiel der in Finnland im Jahr 2019 gegründeten Behörde Findata zeigt, wie die Sekundärnutzung von Gesundheitsdaten gefördert und vereinfacht werden kann. In einem One-Stop-Shop-Modell für Gesundheitsdaten bündelt Findata die Antragsbearbeitung sowie die Verknüpfung und die Bereitstellung der Daten. Um Zugriff auf die Daten zu erhalten, müssen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler lediglich einen einzigen Antrag stellen. Nach der Genehmigung des Antrags werden die Daten von Findata aufbereitet, pseudonymisiert und Forschenden in geschützten virtuellen Räumen per Fernzugriff zur Verfügung gestellt.⁴⁴⁵

tig und liegen u. a. in der Struktur des Gesundheitssystems, Abwägungen und Sorgen bezüglich des Datenschutzes sowie einer noch zu geringen Akzeptanz digitaler Gesundheitsanwendungen sowohl bei Leistungserbringern als auch bei den Patientinnen und Patienten.

Fehlende Gesamtstrategie

Die vielschichtige und heterogene Akteurslandschaft im deutschen Gesundheitswesen macht dessen Digitalisierung zu einem schwierigen Unterfangen. Zwar wurden mit der Telematikinfrastruktur 2.0, der Medizininformatikinitiative und den Konsortien der NFDI im Bereich Gesundheitsforschung in den vergangenen Jahren Initiativen auf den Weg gebracht, die die Vernetzung der Akteure auf nationaler und europäischer Ebene erhöhen sowie die Nutzbarmachung von Daten verbessern sollen.⁴⁴⁶ Jedoch fehlt bisher eine Gesamtstrategie zur Digitalisierung des Gesundheitssystems. Diese ist nun im Koalitionsvertrag angekündigt.⁴⁴⁷

Spannungsverhältnis zwischen Datenschutz, Datensicherheit und Datennutzung

Bei Gesundheitsdaten handelt es sich häufig um sensible personenbezogene Daten. Deshalb besteht im Gesundheitswesen mehr als in anderen Bereichen ein Spannungsverhältnis zwischen IT-Sicherheit und Datenschutz auf der einen und den Potenzialen der Datennutzung auf der anderen Seite.

Gemäß Artikel 9 der Europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) ist bei der Erhebung, Weitergabe und Nutzung personenbezogener Gesundheitsdaten besondere Sorgfalt geboten. Hierin wird oft ein nicht unerhebliches Hemmnis für die Digitalisierung im Gesundheitswesen gesehen.⁴⁴⁸ Allerdings erlaubt die DSGVO Regelungsspielräume auf nationaler Ebene. So zeigt ein Blick auf andere europäische Länder wie Estland und Dänemark, dass die DSGVO allein keinen Hinderungsgrund für die Datenverwendung im Gesundheitswesen darstellt. Dort erlauben DSGVO-konforme Opt-out-Regelungen die Weitergabe und Nutzung von Daten aus elektronischen Patientenakten für Forschungszwecke.⁴⁴⁹ In Deutschland fehlen vergleichbare Regelungen bislang.

Ein weiteres Hemmnis ist die Vielzahl an Landesdatenschutzgesetzen, die von den Landesdatenschutzbeauftragten im Hinblick auf die Weitergabe und Nutzung von Gesundheitsdaten für Forschungszwecke unterschiedlich ausgelegt werden. Dies trägt zu Rechtsunsicherheit bei und verzögert die Durchführung von datenabhängigen Forschungsprojekten.⁴⁵⁰

Zögerliche Adoption digitaler Gesundheitsleistungen

Ohne dass die verschiedenen Akteure des Gesundheitssystems die neuen Technologien und Anwendungen akzeptieren, verstehen und anwenden, ist die Digitalisierung des Systems nicht erfolgreich durchführbar. Leistungserbringer sind bei digitalen Angeboten zögerlich. Gründe dafür sind u. a. fehlende Informationen und mangelnde digitale Kompetenzen.⁴⁵¹

Um digitale Anwendungen wie ePA, e-Rezept und DiGA in die breite Anwendung zu bringen, muss eine entsprechende Nachfrage seitens der Patientinnen und Patienten vorhanden sein. Bei einer im Mai 2020 durchgeführten repräsentativen Umfrage gaben 55 Prozent der Befragten an, neuen digitalen Anwendungen grundsätzlich offen gegenüberzustehen; mehr als 65 Prozent stimmten der Aussage zu, dass die Coronapandemie den positiven Nutzen dieser Anwendungen verdeutlicht habe.⁴⁵² Allerdings äußerten 45 Prozent der Befragten die Befürchtung, dass sich die Arzt-Patienten-Beziehung durch digitale Anwendungen (eher) verschlechtert. Weiterhin geben 26 Prozent der Befragten an, dass digitale Anwendungen zu kompliziert seien, und 40 Prozent,

dass ihre Daten bei diesen nicht sicher seien.⁴⁵³ Zudem gaben mehr als 40 Prozent der Befragten an, sich von Krankenkassen und Leistungserbringern nicht gut über digitale Anwendungen informiert zu fühlen.

Insgesamt weisen diese Studien sowohl aufseiten der Leistungserbringer als auch bei Bürgerinnen und Bürgern auf weiteres Verbesserungspotenzial insbesondere hinsichtlich der Informationsbasis hin.

B 4-4 Handlungsempfehlungen

Mit der Digitalisierung des Gesundheitswesens werden große Innovations- und Wertschöpfungspotenziale im Hinblick auf eine qualitativ bessere und effizientere Gesundheitsversorgung verbunden. Insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten in Verbindung mit neuen digitalen Analyseverfahren eröffnet Möglichkeiten für eine stärker personalisierte Diagnostik und Therapie. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei der Digitalisierung des Gesundheitswesens deutlich hinter anderen europäischen Ländern zurück.

Um bestehende Hemmnisse abzubauen und die mit der Digitalisierung verbundenen Innovationspotenziale heben zu können, empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung folgende Maßnahmen:

Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitswesen entwickeln und rasch umsetzen

- Um die digitale Transformation des Gesundheitswesens voranzutreiben, sollte die im Koalitionsvertrag angekündigte Digitalisierungsstrategie für das Gesundheitssystem rasch entwickelt und umgesetzt werden. In der Strategie sollten konkrete Zuständigkeiten festgelegt, Meilensteine definiert und ein Zeitplan für die Umsetzung hinterlegt werden.
- Bei der Erarbeitung und Entwicklung der Strategie sollten alle relevanten Stakeholder des Gesundheitswesens einbezogen werden. Für die Umsetzung der Strategie bedarf es einer koordinierenden Stelle mit möglichst weitreichenden Durchsetzungskompetenzen. Es ist sorgfältig zu prüfen, ob diese Rolle der gematik, die laut Koalitionsvertrag zu einer

digitalen Gesundheitsagentur ausgebaut werden soll, zugewiesen werden kann.

- Um einen effizienten und friktionslosen Austausch von Daten und Informationen zu ermöglichen und die Interoperabilität zwischen IT-Systemen zu gewährleisten, muss der Etablierung interoperabler und internationaler Standards im Rahmen der Strategie ausreichend Raum gegeben werden.
- In der Strategie sollte zudem ein kontinuierliches Monitoring des Umsetzungsfortschritts und dessen regelmäßige Veröffentlichung verankert werden.

Innovationspotenziale von Gesundheitsdaten ausschöpfen

- Die Expertenkommission befürwortet das im Koalitionsvertrag angekündigte Gesundheitsdatennutzungsgesetz zur besseren wissenschaftlichen Nutzung von Gesundheitsdaten. Die DSGVO-konforme Nutzung sollte für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler so gestaltet werden, dass der administrative Aufwand möglichst gering ist.
- Die Expertenkommission begrüßt, dass allen Versicherten eine DSGVO-konforme ePA per Opt-out zur Verfügung gestellt werden soll, die von diesen selbstständig verwaltet werden kann. Um jedoch die mit den ePA-Daten verbundenen Potenziale heben zu können, sollte für Versicherte auch die Möglichkeit der Freigabe der Daten – insbesondere für Forschungszwecke, aber auch für den Datenaustausch zwischen Versorgung und Forschung – möglichst niedrigschwellig ausgestaltet werden.

Nutzung telemedizinischer Anwendungen und DiGA voranbringen

- Damit die Möglichkeiten der Telemedizin stärker genutzt werden, sind ausreichende finanzielle Anreize für die Leistungserbringer erforderlich. Wo dies derzeit nicht der Fall ist,

sollten daher in der Einführungsphase gleiche Leistungen gleich vergütet werden, unabhängig davon, ob sie telemedizinisch oder konventionell erbracht werden.

- Potenzielle Anbieter von DiGA müssen im Rahmen des Zulassungsprozesses diverse Nachweise über die medizinische Evidenz sowie über weitere erfüllte Faktoren darlegen. Auch wenn dies im Sinne einer qualitativ hochwertigen Gesundheitsversorgung zwingende Voraussetzung ist, sollte die Einführung flexibler, adaptiver Studiendesigns und -anforderungen geprüft werden. Nach der Zulassung sollten die Hersteller die technische Funktionalität und die Krankenkassen die medizinische Wirksamkeit der DiGA kontinuierlich überprüfen.
- Um Anreize zur Qualitätssteigerung und -sicherung aufseiten der DiGA-Anbieter zu setzen, sollten geeignete performancebasierte Vergütungsmodelle eingeführt werden.
- Um die breite Akzeptanz digitaler Gesundheitsanwendungen sicherzustellen, sollte die Informationsbasis über Funktionsweise, Handhabung und Mehrwert dieser Anwendungen verbessert werden.

Rahmenbedingungen für die Digitalisierung verbessern

- Zur Stärkung der digitalen Gesundheitskompetenz von Beschäftigten im Gesundheitswesen sollten verstärkt digitale Elemente in die Curricula von Gesundheitsberufen integriert werden.
- Allgemeine Digitalisierungshemmnisse beeinträchtigen auch die Digitalisierung des Gesundheitswesens. Hierzu zählt vor allem eine, insbesondere im ländlichen Raum, unzureichend ausgebaute digitale Infrastruktur. Um die digitale Transformation im Gesundheitswesen voranzutreiben, mahnt die Expertenkommission den raschen quantitativen wie qualitativen Ausbau der digitalen Infrastruktur an.

C

STRUKTUR UND TRENDS



C Struktur und Trends



[Download der
Abbildung und
Daten](#)

Die Erfassung der Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandortes Deutschland ist ein fester Bestandteil der jährlichen Berichterstattung der Expertenkommission. Die Erfassung erfolgt anhand verschiedener Indikatoren, die in acht thematisch geordnete Indikatorensets aufgeteilt sind.





C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation



C 5 Unternehmens- gründungen



C 6 Patente



C 7 Fach- publikationen



C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

CO Überblick

Die Erfassung der Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandortes Deutschland ist ein fester Bestandteil der jährlichen Berichterstattung der Expertenkommission. Die Erfassung erfolgt anhand der Darstellung verschiedener Indikatoren, die einen Rückschluss auf die Dynamik und Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationssystems zulassen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Indikatoren in acht thematisch geordnete Indikatorensets aufgeteilt. Anhand dieser Indikatorensets wird die Leistungsfähigkeit des deutschen Forschungs- und Innovationssystems im intertemporalen Vergleich sowie im Vergleich mit den wichtigsten internationalen Wettbewerbern dargestellt. Einzelne Indikatoren werden zudem auf Bundesländerebene ausgewiesen, um innerdeutsche Leistungsunterschiede aufzuzeigen. Die Indikatoren sind mehrheitlich den von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studien zum deutschen Innovationssystem entnommen. Die Studien umfassen neben den hier aufgeführten Indikatoren noch weiteres umfangreiches Indikatoren- und Analysematerial. Sie können auf der Internetseite der Expertenkommission eingesehen und heruntergeladen werden. Gleiches gilt für sämtliche Abbildungen und Tabellen des Jahresgutachtens sowie für die dazugehörigen Datensätze.

C1 Bildung und Qualifikation

Investitionen in Bildung und ein hohes Qualifikationsniveau stärken die mittel- und langfristige Innovationsfähigkeit und das wirtschaftliche Wachstum eines Landes. Die in Kapitel C 1 aufgeführten Indikatoren geben Auskunft über den Qualifikationsstand und liefern einen Überblick über die Stärken und Schwächen des Innovationsstandortes Deutschland. Der internationale Vergleich erlaubt eine Einschätzung, wie diese Befunde im Vergleich zu anderen Industrienationen einzuordnen sind.

C2 Forschung und Entwicklung

Forschungs- und Entwicklungsprozesse sind eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung von neuen Produkten und Dienstleistungen. Prinzipiell gehen von einer hohen FuE-Intensität positive Effekte auf Wettbewerbsfähigkeit, Wachstum und Beschäftigung aus. FuE-Investitionen und -Aktivitäten von Unternehmen, Hochschulen und Staat liefern daher wesentliche Anhaltspunkte zur Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit eines Landes. Wie Deutschland hinsichtlich seiner FuE-Aktivitäten im internationalen Vergleich abschneidet, in welchem Umfang die einzelnen Bundesländer investieren und welche Wirtschaftszweige besonders forschungsintensiv sind, wird in Kapitel C 2 dargestellt.

C3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

Innovationsaktivitäten von Unternehmen zielen darauf ab, Wettbewerbsvorteile durch Innovationen zu schaffen. Im Falle einer Produktinnovation wird ein neues oder verbessertes Gut auf den Markt gebracht, dessen Eigenschaften sich

von den bisher am Markt angebotenen Gütern unterscheiden. Die Einführung eines neuen oder verbesserten Herstellungsverfahrens wird als Prozessinnovation bezeichnet. Anhand der Innovationsintensität in der Industrie und in den wissensintensiven Dienstleistungen sowie anhand des Anteils des Umsatzes mit neuen Produkten wird das Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft im internationalen Vergleich in Kapitel C 3 dargestellt.

C4 Finanzierung von Forschung und Innovation

Die Finanzierung von Geschäfts- und insbesondere FuE-Tätigkeiten ist eine zentrale Herausforderung vor allem für junge, innovative Unternehmen. Da diese Unternehmen zu Beginn keine oder kaum Umsätze erwirtschaften, ist eine Finanzierung aus eigenen Mitteln kaum möglich. Eine Fremdkapitalfinanzierung ist schwierig, da es für Kapitalgeber wie beispielsweise Banken schwer ist, die Erfolgsaussichten innovativer Unternehmensgründungen zu beurteilen. Alternative Wege der Unternehmensfinanzierung sind die Einwerbung von Beteiligungskapital bzw. Wagniskapital sowie die Finanzierung durch staatliche Förderung. Kapitel C 4 beschreibt die Verfügbarkeit von Wagniskapital und staatlicher FuE-Förderung in Deutschland und im internationalen Vergleich.

C5 Unternehmensgründungen

Unternehmensgründungen – insbesondere in forschungs- und wissensintensiven Sektoren – fordern mit innovativen Produkten, Prozessen und Geschäftsmodellen etablierte Unternehmen heraus. Die Gründung neuer Unternehmen und der Austritt nicht (mehr) erfolgreicher Unternehmen aus dem Markt ist Ausdruck des Innovationswettbewerbs um die besten Lösungen. Die in Kapitel C 5 beschriebene Dynamik ist deshalb ein wichtiger Aspekt des Strukturwandels. Gerade in neuen Technologiefeldern, beim Aufkommen neuer Nachfragetrends und in der frühen Phase der Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren können junge Unternehmen neue Märkte erschließen und innovativen Ideen zum Durchbruch verhelfen.

C6 Patente

Patente sind gewerbliche Schutzrechte für neue technische Erfindungen. Sie bilden somit oftmals die Grundlage für die Verwertung von Innovationen am Markt und unterstützen zugleich die Koordination und den Wissens- und Technologietransfer zwischen den Akteuren im Innovationssystem. Kapitel C 6 stellt die Patentaktivitäten ausgewählter Länder dar. Zudem wird untersucht, inwieweit sich diese Länder in den Bereichen der hochwertigen Technologie und der Spitzentechnologie spezialisiert haben.

C7 Fachpublikationen

Die stetige Generierung neuen Wissens hängt besonders von der Leistungsfähigkeit des jeweiligen Forschungs- und Wissenschaftssystems ab. Mithilfe der Bibliometrie wird diese Leistungsfähigkeit in Kapitel C 7 im internationalen Vergleich dargestellt. Hierbei wird die Leistung eines Landes anhand der Publikationen seiner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Fachzeitschriften ermittelt. Die Wahrnehmung und Bedeutung dieser Veröffentlichungen wird durch die Anzahl der Zitationen erfasst.

C8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

Der Anteil von Arbeitseinsatz und Wertschöpfung in den forschungs- und wissensintensiven Branchen in einem Land spiegelt deren wirtschaftliche Bedeutung wider und lässt Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes zu. Kapitel C 8 stellt die Entwicklung von Wertschöpfung und Produktivität in forschungsintensiven Industrien und wissensintensiven Dienstleistungen im internationalen Vergleich dar. Darüber hinaus wird die Position Deutschlands im Welthandel mit forschungsintensiven Gütern und wissensintensiven Dienstleistungen aufgezeigt.

C 1 Bildung und Qualifikation⁴⁵⁴

Der Anteil der Erwerbstätigen mit tertiärer Qualifikation (ISCED 5+6 und ISCED 7+8) lag 2020 in Deutschland mit 33,8 Prozent deutlich unter dem der meisten Vergleichsländer (C 1-1). Auch bezogen auf höhere akademische Abschlüsse (ISCED 7+8) lag der Anteil Deutschlands mit 14,5 Prozent rund 3 Prozentpunkte unter dem Durchschnitt der betrachteten Länder. Mit 55,1 Prozent an mittleren Abschlüssen (ISCED 3** und ISCED 4), die formal den Durchgang zum tertiären Bereich ermöglichen, weist Deutschland im europäischen Vergleich dagegen den mit Abstand höchsten Anteil auf.

Der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der altersgleichen Bevölkerung im Alter von unter 25 Jahren (C 1-2) stieg in Deutschland 2019 im Vergleich zum Vorjahr um 4 Prozentpunkte auf 56 Prozent. Die bereinigte Quote für unter 25-Jährige und ohne internationale Studienanfängerinnen und -anfänger lag 2019 in Deutschland mit 49 Prozent ebenfalls 4 Prozentpunkte über dem Wert von 2018.

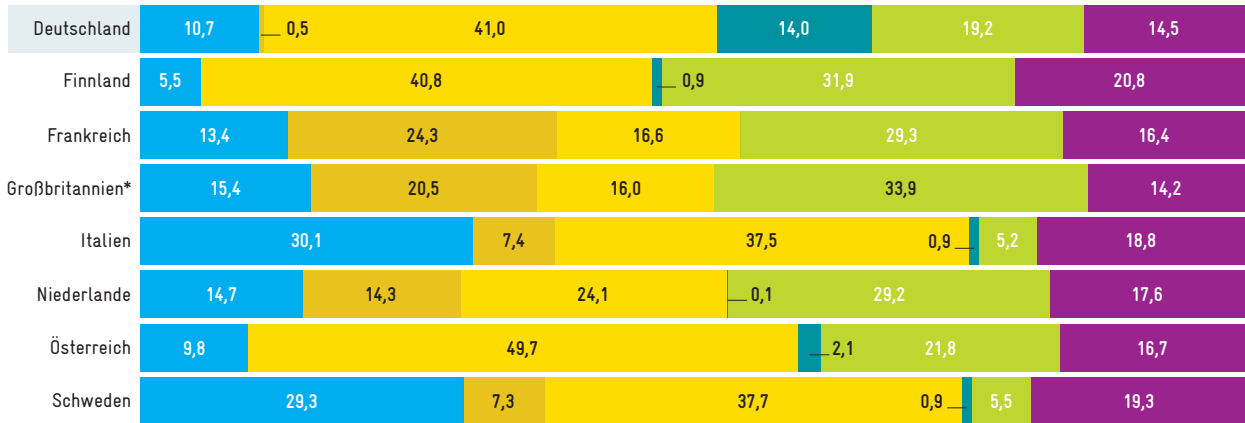
Die Anzahl der Studienberechtigten ist im Jahr 2020 im Vergleich zum Vorjahr um mehr als 35.000 auf 381.951 zurückgegangen. Die Studienberechtigtenquote, d. h. der Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters, fiel 2020 auf 44,6 Prozent (C 1-3), wird Schätzungen zufolge bis 2030 aber wieder auf 50 Prozent ansteigen.⁴⁵⁵

Die Anzahl der Bildungsinländerinnen und -inländer, also derjenigen Studierenden ohne deutsche Staatsangehörigkeit, die ihre Studienberechtigung im Inland erworben haben, lag 2020 bei 91.708 und damit auf dem Niveau des Vorjahres mit 91.699 (C 1-4). Hingegen ist die Gesamtzahl der ausländischen Studierenden in Deutschland, trotz eines kräftigen Rückgangs der Zahl der internationalen Studienanfängerinnen und Studienanfänger um 22 Prozent, erneut gestiegen. Die Anzahl an Bildungsausländerinnen und -ausländern, d. h. an Studierenden ohne deutsche Staatsbürgerschaft, die ihre Studienberechtigung im Ausland erworben haben und an deutschen Hochschulen immatrikuliert sind, lag 2020 um rund 1,5 Prozent höher als 2019.

Die Zahl der Erstabsolventinnen und -absolventen (C 1-5) ging 2020 im Vergleich zum Vorjahr um 6,8 Prozent deutlich kräftiger zurück als in den Vorjahren.⁴⁵⁶ Insbesondere im MINT-Bereich ist die Zahl der Erstabsolventinnen und -absolventen überdurchschnittlich stark gesunken.

Die Quote der Personen im Alter von 25 bis 64 Jahren, die in den letzten vier Wochen an einer Weiterbildung teilgenommen haben (C 1-6), erreichte 2020 mit 4,2 Prozent den im Beobachtungszeitraum von 2010 bis 2020 mit Abstand niedrigsten Wert. Im Durchschnitt fiel die individuelle Weiterbildungsquote gegenüber 2019 um 0,8 Prozentpunkte. Die Weiterbildungsbeteiligung von Betrieben erreichte 2019 54,9 Prozent und lag damit um 0,4 Prozentpunkte höher als im Jahr zuvor.

Abb. C 1-1 Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten Ländern 2020 in Prozent



Die Klassifizierung der Qualifikationsniveaus ISCED

- ISCED 0-2: Vorprimarstufe und Sekundarstufe I
- ISCED 3*: Sekundarstufe II oder Abschluss einer Lehrausbildung ohne tertiäre Zugangsberechtigung
- ISCED 3**: Sekundarstufe II oder Abschluss einer Lehrausbildung mit tertiärer Zugangsberechtigung
- ISCED 4: Fachhochschulreife/ Hochschulreife und Abschluss einer Lehrausbildung
- ISCED 5+6: kurze, berufsspezifische tertiäre Bildung (2 bis unter 3 Jahre), Bachelorabschluss, Meister-/Technikerausbildung oder gleichwertiger Abschluss
- ISCED 7+8: Masterabschluss, Promotion oder gleichwertiger Abschluss

* Daten aus 2019.

Die Bildungsstufen nach ISCED gelten als Standards der UNESCO für internationale Vergleiche der länderspezifischen Bildungssysteme. Quelle: Eurostat, Europäische Arbeitskräfteerhebung. Berechnung des CWS in Kerst et al. (2022). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

Tab. C 1-2 Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der altersgleichen Bevölkerung im Alter von unter 25 Jahren in ausgewählten Ländern 2013–2019 in Prozent

Länder	2013 ¹⁾	2014 ¹⁾	2015 ¹⁾	2016 ¹⁾	2017 ¹⁾	2018 ¹⁾	2019 ¹⁾	2013 ²⁾	2014 ²⁾	2015 ²⁾	2016 ²⁾	2017 ²⁾	2018 ²⁾	2019 ²⁾
Belgien	64	64	66	69	73	68	66	54	57	59	62	67	62	61
Deutschland ³⁾	51	54	53	51	52	52	56	46	48	46	45	45	45	49
Finnland	45	44	46	46	47	47	48	41	40	42	42	43	43	45
Großbritannien	48	54	56	60	61	63	66	42	47	49	52	53	54	57
Italien	40	40	42	43	46	48	49	–	–	41	41	43	46	48
Japan	–	–	–	–	71	73	72	–	–	–	–	–	–	–
Schweden	42	45	45	44	45	46	46	40	42	41	40	41	41	41
Schweiz	48	55	55	55	56	48	50	–	47	47	47	47	40	42
USA	48	48	48	47	46	46	45	47	47	46	46	44	44	43
OECD-Durchschnitt	–	–	–	–	–	54	56	50	51	48	49	50	49	51

¹⁾ Angegeben sind die Studienanfängerquoten für unter 25-Jährige nach ISCED 2011-Klassifikation für die Stufen 5, 6, 7 und 8.

²⁾ Bereinigte Quote für unter 25-Jährige, ohne internationale Studienanfängerinnen und -anfänger.

³⁾ Seit 2019 einschließlich der beruflichen Aufstiegsfortbildungen.

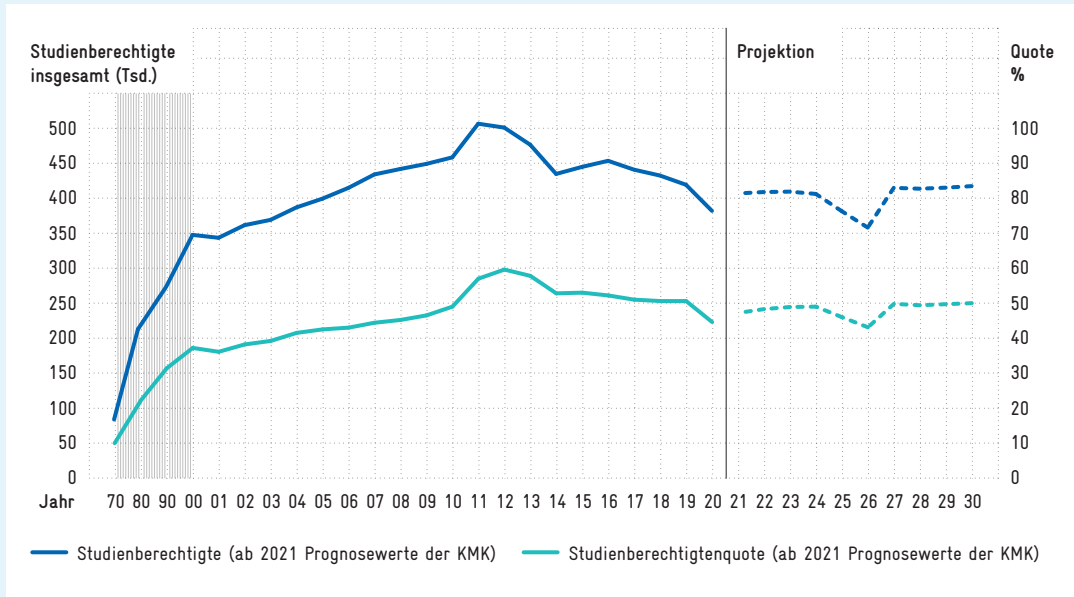
Quellen: OECD (Hrsg.): Bildung auf einen Blick, div. Jahrgänge; sowie OECD Datenbank stats.oecd.org in Kerst et al. (2022).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

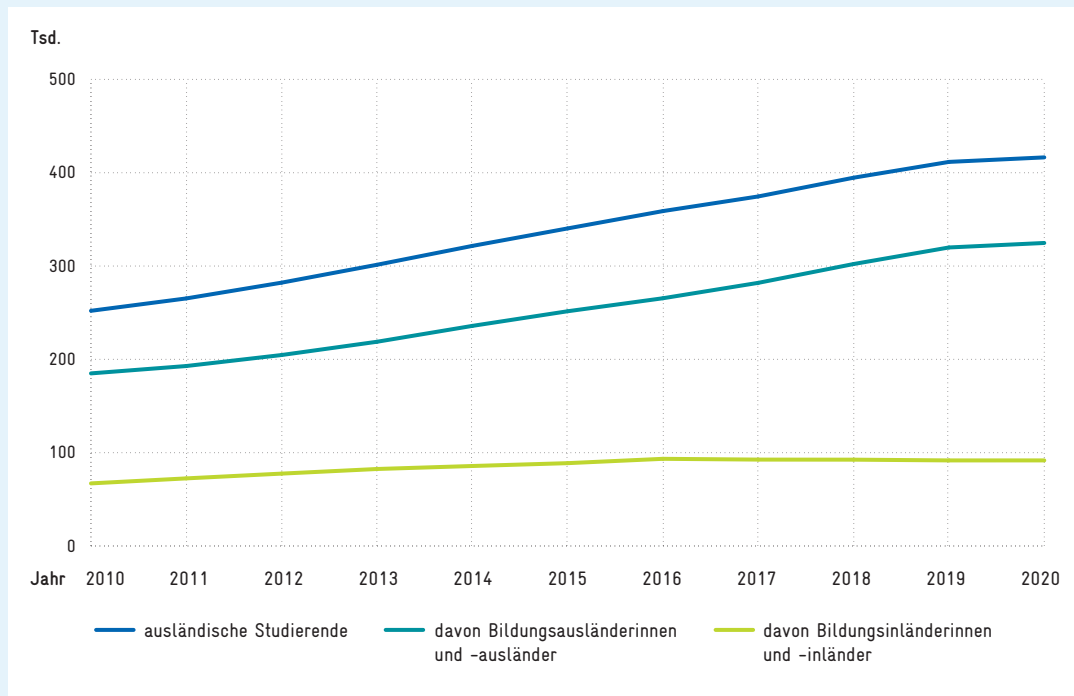
Abb. C 1-3 Studienberechtigte in Deutschland 1970–2030



[Download der Abbildung und Daten](#)

Studienberechtigte: Studienberechtigte sind diejenigen Schulabgängerinnen und -abgänger, die eine allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife bzw. eine Fachhochschulreife erworben haben.
 Studienberechtigtenquote: Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters. Seit 2012 Quoten unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Zensus 2011.
 Quelle Istwerte: Statistisches Bundesamt in Kerst et al. (2022).
 Quelle Prognosewerte: Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz (KMK) in Kerst et al. (2022).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C 1-4 Anzahl ausländischer Studierender an deutschen Hochschulen 2010–2020¹⁾



[Download der Abbildung und Daten](#)

Ausländische Studierende sind Personen ohne deutsche Staatsangehörigkeit. Sie werden eingeteilt in Bildungsinländerinnen und -inländer, deren Hochschulzugangsberechtigung aus Deutschland stammt, und Bildungsausländerinnen und -ausländer, die diese im Ausland erworben haben.
¹⁾ Die Daten werden jährlich im Wintersemester nach dem Ende der Einschreibungsfrist von den Hochschulen an die statistischen Ämter übermittelt.
 Quelle: Statistisches Bundesamt, Recherche des DZHW-ICE in Kerst et al. (2022).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Tab. C 1-5 Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote 2015–2020

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Erstabsolventinnen und -absolventen insgesamt	317.102	315.168	311.441	303.155	310.747	289.615
Anteil Frauen in Prozent	51,1	52,0	52,6	53,0	53,6	53,7
Anteil Universität in Prozent	56,8	54,7	53,9	53,0	52,8	50,7
Geisteswissenschaften	37.135	34.886	32.205	30.491	30.660	27.633
Anteil Fächergruppe in Prozent	11,7	11,1	10,3	10,1	9,9	9,5
Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	128.273	132.737	134.605	131.832	135.165	128.531
Anteil Fächergruppe in Prozent	40,5	42,1	43,2	43,5	43,5	44,4
Humanmedizin, Gesundheitswissenschaften	17.935	19.521	20.308	20.101	21.957	20.309
Anteil Fächergruppe in Prozent	5,7	6,2	6,5	6,6	7,1	7,0
Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften, Veterinärmedizin	7.442	6.978	7.148	7.252	7.226	7.104
Anteil Fächergruppe in Prozent	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,5
Kunst, Kunstwissenschaften	11.514	11.268	11.119	10.892	10.905	9.754
Anteil Fächergruppe in Prozent	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4
Mathematik, Naturwissenschaften	30.001	28.081	26.261	25.677	26.765	23.627
Anteil Fächergruppe in Prozent	9,5	8,9	8,4	8,5	8,6	8,2
Ingenieurwissenschaften	81.300	78.552	76.133	73.849	74.868	69.547
Anteil Fächergruppe in Prozent	25,6	24,9	24,4	24,4	24,1	24,0

Erstabsolventinnen und -absolventen und Fächerstrukturquote: Erstabsolventinnen und -absolventen sind Personen, die ein Erststudium erfolgreich abgeschlossen haben. Die Fächerstrukturquote gibt den Anteil von Erstabsolventinnen und -absolventen an, die ihr Studium innerhalb eines bestimmten Faches bzw. einer Fächergruppe absolviert haben.

Quelle: Statistisches Bundesamt sowie Recherche des DZHW-ICE in Kerst et al. (2022).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Tab. C 1-6 Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben 2010–2020 in Prozent

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
a) individuelle Weiterbildungsquote	4,9	4,9	5,1	4,9	4,8	4,9	5,2	5,0	4,9	5,0	4,2
Erwerbstätige nach Qualifikationsniveau	5,6	5,6	5,9	5,6	5,5	5,5	5,8	5,4	5,3	5,4	4,7
niedrig (ISCED 0–2)	1,3	1,0	1,4	1,4	1,3	1,2	1,5	1,5	1,3	1,5	1,7
mittel (ISCED 3–4)	3,9	3,9	4,1	3,9	4,2	4,3	4,5	4,2	4,0	4,2	3,6
hoch (ISCED 5–8)	10,5	10,3	10,6	10,1	9,4	9,3	9,7	8,9	8,9	8,9	7,6
Erwerbslose nach Qualifikationsniveau	3,9	4,6	3,8	3,6	3,7	3,7	4,2	5,3	5,1	4,5	– ¹⁾
niedrig (ISCED 0–2)	3,5	3,6	3,1	2,9	2,8	2,6	3,3	5,1	4,9	3,3	– ¹⁾
mittel (ISCED 3–4)	3,2	4,0	3,6	3,4	3,3	3,4	3,6	4,3	4,2	3,0	4,4
hoch (ISCED 5–8)	8,3	10,0	6,6	5,4	6,4	6,3	7,2	8,6	7,7	9,8	– ¹⁾
Nichterwerbspersonen nach Qualifikationsniveau	2,0	1,9	1,6	1,8	1,8	2,0	2,4	3,2	2,9	2,7	2,2
niedrig (ISCED 0–2)	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,7	2,5	4,0	3,8	3,4	2,0
mittel (ISCED 3–4)	1,8	1,9	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	2,2	2,0	2,0	1,5
hoch (ISCED 5–8)	3,6	2,7	2,8	3,5	3,4	3,7	4,4	4,9	4,2	3,9	4,6
b) betriebliche Weiterbildungsbeteiligung²⁾	44,1	52,6	53,1	52,1	53,6	52,8	53,2	53,0	54,5	54,9	–
nach Branchen											
wissensintensives produzierendes Gewerbe	55,9	62,9	65,5	66,7	69,9	70,6	64,0	65,0	63,0	66,6	–
nicht-wissensintensives produzierendes Gewerbe	33,3	41,2	43,2	41,8	43,0	44,5	46,3	45,5	46,0	49,6	–
wissensintensive Dienstleistungen	57,1	68,7	67,2	67,4	67,0	67,5	69,2	66,1	69,1	66,5	–
nicht-wissensintensive Dienstleistungen	37,5	44,9	45,3	44,3	46,0	43,8	43,7	45,2	46,8	46,9	–
nicht-gewerbliche Wirtschaft	51,2	59,0	60,3	58,4	61,9	60,1	59,3	59,3	60,0	60,9	–
nach Betriebsgrößen											
< 50 Beschäftigte	41,8	50,5	50,9	49,8	51,4	50,5	50,8	50,6	51,9	52,5	–
50–249 Beschäftigte	83,3	90,8	89,7	90,1	90,8	89,3	89,5	89,0	92,0	90,0	–
250–499 Beschäftigte	93,3	95,9	96,5	97,0	96,9	96,8	96,4	96,0	97,2	97,2	–
≥ 500 Beschäftigte	97,9	98,4	97,8	99,1	99,1	97,1	97,9	97,2	97,9	– ³⁾	–

Individuelle Weiterbildungsquote: Teilnahme an einer Weiterbildungsmaßnahme in den letzten vier Wochen vor dem Befragungszeitpunkt. Betriebliche Weiterbildungsbeteiligung: Anteil der Betriebe, in denen Arbeitskräfte für Weiterbildung freigestellt oder Kosten für Weiterbildung übernommen wurden.

Zu ISCED vgl. C 1-1.

Grundgesamtheit a): Alle Personen im Alter von 25 bis 64 Jahren.

Grundgesamtheit b): Alle Betriebe mit mindestens einer sozialversicherungspflichtig beschäftigten Person.

¹⁾ Wegen mangelnder Verlässlichkeit der Daten nicht ausgewiesen.

²⁾ Die Daten für die betriebliche Weiterbildungsbeteiligung im Jahr 2020 lagen zum Redaktionsschluss noch nicht vor.

³⁾ Angaben aus Datenschutzgründen zensiert, da sie nur knapp unter 100 Prozent liegen.

Quelle a): Europäische Arbeitskräfteerhebung (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Kerst et al. (2022). Daten ab 2016 durch methodische Umstellungen und verschärfte Geheimhaltungsregeln bei den Erwerbslosen und den Inaktiven nur eingeschränkt mit den Vorjahren vergleichbar.

Quelle b): IAB-Betriebspanel (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Kerst et al. (2022).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

C 2 Forschung und Entwicklung⁴⁵⁷

Statistiken zu Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) geben an, in welchem Ausmaß Aktivitäten zur Generierung neuer Ideen entfaltet werden. Die FuE-Intensität, als Anteil der FuE-Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt (bei Ländern) bzw. am Umsatz (bei Unternehmen), gibt Aufschluss über die Bereitschaft, in FuE zu investieren; die Verteilung der FuE-Ausgaben auf Sektoren und Industrien zeigt Schwerpunkte der FuE-Tätigkeit an.

Die FuE-Intensität (C 2-1) in Deutschland, d.h. der Anteil der FuE-Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt, liegt bei 3,19 Prozent. Damit weist Deutschland weiterhin eine zunehmende FuE-Intensität auf. Die mit Abstand höchste FuE-Intensität aller Vergleichsländer im Jahr 2019 erreichte Südkorea mit 4,64 Prozent. Die der USA stieg von 2,95 Prozent⁴⁵⁸ im Jahr 2018 auf 3,07 Prozent 2019. Etwas weniger stark wuchs die FuE-Intensität Chinas, die sich im Vergleich zum Vorjahr um 0,09 Prozentpunkte auf 2,23 Prozent im Jahr 2019 steigerte. Japan ist das einzige der ausgewählten Länder, dessen FuE-Ausgaben in Relation zum Bruttoinlandsprodukt von 2018 auf 2019 leicht sanken.

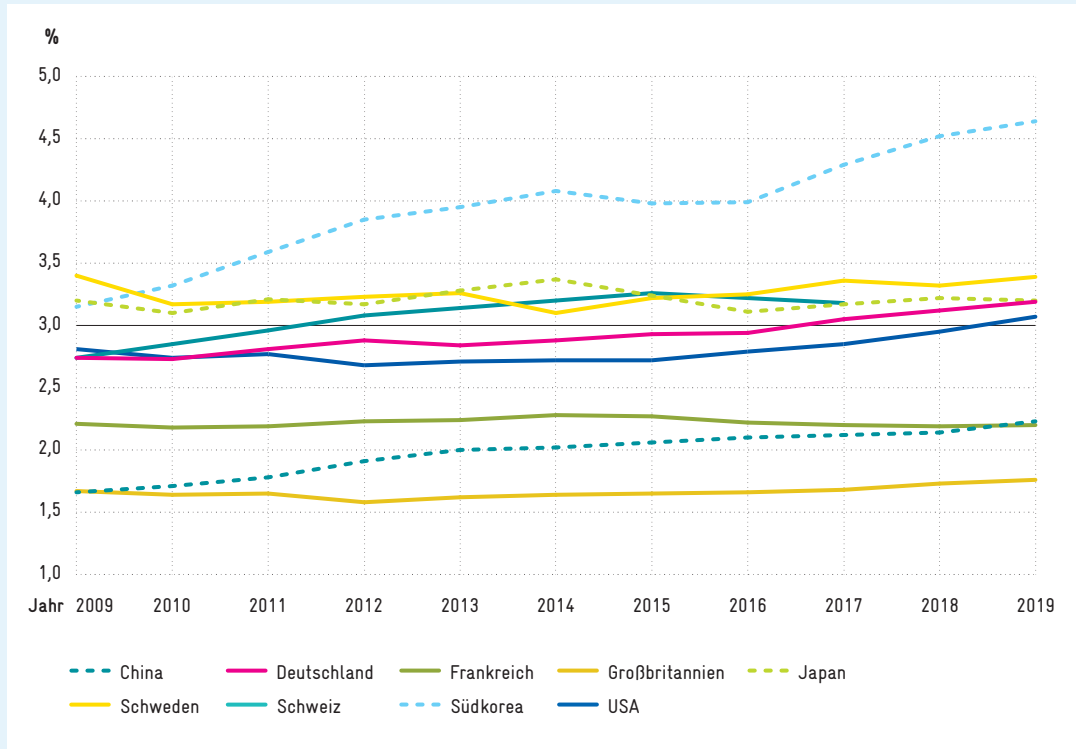
Deutschlands Haushaltsansatz für zivile FuE (C 2-2)⁴⁵⁹ ist gegenüber 2019 erneut gestiegen und erreichte im Jahr 2020 einen Indexwert von 137 Prozent. Das bedeutet, dass das im deutschen Staatshaushalt festgesetzte Budget zur Finanzierung von FuE zwischen 2010 und 2020 um 37 Prozent gestiegen ist. Ebenfalls stark gestiegen ist der Haushaltsansatz für zivile FuE in Japan, der Schweiz und Südkorea. Für Südkorea und die Schweiz liegen allerdings nur Daten bis 2019 vor.

Die Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor (C 2-3) zeigt, dass der Anteil der Ausgaben für die im Sektor Staat durchgeführte FuE zwischen 2010 und 2019 für alle dargestellten Länder, mit Ausnahme der Schweiz, zurückgegangen ist. Besonders deutlich sank der Ausgabenanteil in Großbritannien (um 2,9 Prozentpunkte auf 6,6 Prozent) und in den USA (um 2,8 Prozentpunkte auf 9,9 Prozent). In Deutschland verringerte er sich hingegen nur um 1,1 Prozentpunkte auf 13,7 Prozent.

Die FuE-Intensität der deutschen Bundesländer (C 2-4) gibt den Anteil der FuE-Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt der Bundesländer für 2009 und 2019 an. In allen Bundesländern bis auf Berlin und Mecklenburg-Vorpommern stieg die FuE-Intensität zwischen 2009 und 2019. Die höchste FuE-Intensität verzeichnete Baden-Württemberg, das sich hier von 4,62 Prozent in 2009 auf 5,79 Prozent im Jahr 2019 verbessern konnte.

Die internen FuE-Ausgaben der Unternehmen in Deutschland (C 2-5) betragen im Jahr 2019 mehr als 75,8 Milliarden Euro, wovon mehr als 30,2 Milliarden Euro auf den Fahrzeugbau fielen, der damit weit vor der Elektronik mit mehr als 11,4 Milliarden Euro lag. Die internen FuE-Ausgaben in Prozent am gesamten Umsatz (C 2-6)⁴⁶⁰ sind im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes von 2017 bis 2019 von 2,8 Prozent auf 3,0 Prozent gestiegen.

Abb. C2-1 FuE-Intensität in ausgewählten Ländern 2009–2019 in Prozent

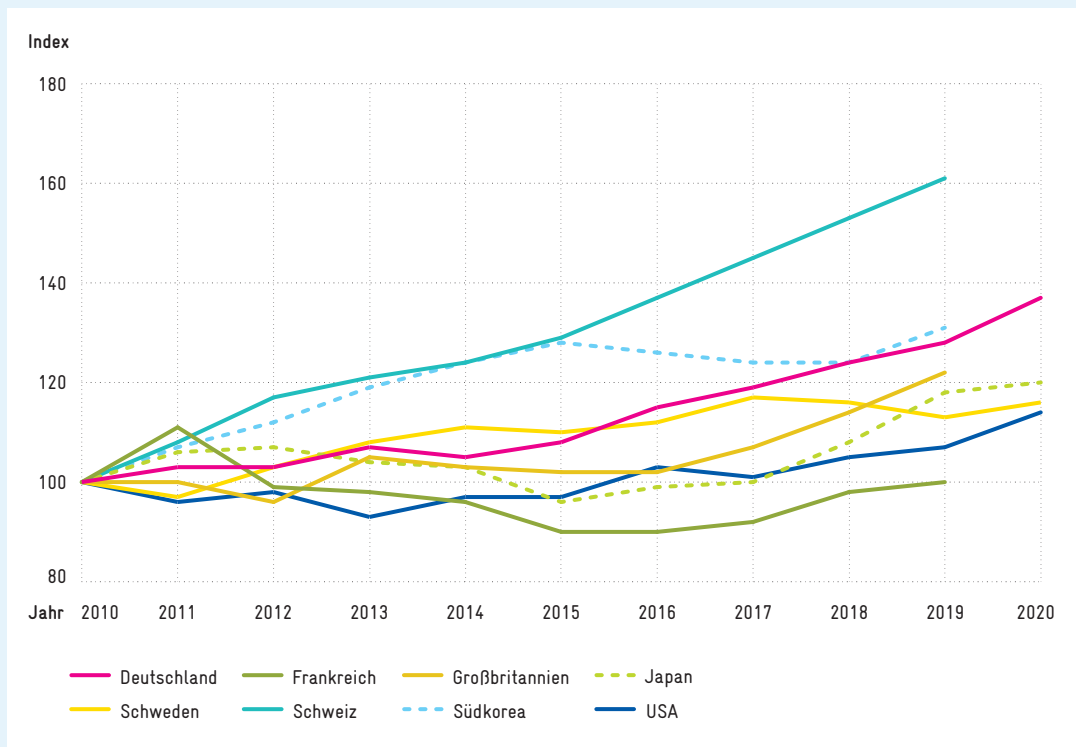


FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben für FuE einer Volkswirtschaft am Bruttoinlandsprodukt (BIP). Daten für die Schweiz sind nur bis 2017 verfügbar.
Quelle: OECD, Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin in Kladroba et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. C2-2 Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE in ausgewählten Ländern 2010–2020 als Indexwerte



FuE-Haushaltsansätze: Betrachtet werden die im Haushaltsplan festgesetzten Budgets, die für die Finanzierung von FuE zur Verfügung stehen. Index: 2010 = 100, Daten zum Teil geschätzt.
Quelle: OECD, Eurostat, Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin in Kladroba et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

Tab. C2-3 Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor in ausgewählten Ländern 2010 und 2019

Länder	2010					2019				
	Ausgaben in Mio. US\$	davon durchgeführt von ... (in %)				Ausgaben in Mio. US\$	davon durchgeführt von ... (in %)			
Wirtschaft		Hochschulen	Staat	Private Non-profit*	Wirtschaft		Hochschulen	Staat	Private Non-profit*	
China	212.138	73,4	8,5	18,1	0,0	525.693	76,4	8,1	15,5	0,0
Deutschland	87.036	67,0	18,2	14,8	0,0	148.150	68,9	17,4	13,7	0,0
Frankreich	50.901	63,2	21,6	14,0	1,2	73.287	65,8	20,1	12,4	1,8
Großbritannien	37.568	60,9	27,0	9,5	2,5	56.936	66,6	23,1	6,6	2,3
Japan	140.566	76,5	12,9	9,0	1,6	173.267	79,2	11,7	7,8	1,3
Schweden	12.554	68,7	26,3	4,9	0,0	19.269	71,7	23,7	4,5	0,1
Schweiz ¹⁾	10.917	73,5	24,2	0,7	1,6	18.566	71,0	28,2	0,8	2,3
Südkorea	52.166	74,8	10,8	12,7	1,7	102.521	80,3	8,3	10,0	1,4
USA	410.093	68,0	14,7	12,7	4,5	657.459	73,9	12,0	9,9	4,3

1) Für die Schweiz wurde 2017 als das letzte verfügbare Jahr verwendet.
 * Organisationen ohne Erwerbszweck in einigen Ländern in „Staat“ enthalten.
 Quelle: OECD. Berechnungen des DIW Berlin in Kladroba et al. (2022).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Tab. C2-4 FuE-Intensität der Bundesländer und Deutschlands 2009 und 2019 in Prozent

Bundesländer	2009				2019			
	Gesamt	Wirtschaft	Staat	Hochschulen	Gesamt	Wirtschaft	Staat	Hochschulen
Baden-Württemberg	4,62	3,68	0,43	0,52	5,79	4,84	0,42	0,53
Bayern	3,04	2,35	0,28	0,41	3,41	2,61	0,33	0,47
Berlin	3,37	1,38	1,14	0,85	3,33	1,33	1,17	0,83
Brandenburg	1,40	0,35	0,72	0,32	1,81	0,65	0,78	0,39
Bremen	2,65	0,98	0,91	0,76	3,01	0,99	1,23	0,79
Hamburg	2,11	1,18	0,45	0,49	2,18	1,22	0,38	0,57
Hessen	2,97	2,36	0,22	0,39	3,10	2,30	0,34	0,47
Mecklenburg-Vorpommern	1,84	0,58	0,71	0,54	1,81	0,51	0,65	0,65
Niedersachsen	2,60	1,72	0,40	0,49	3,14	2,24	0,35	0,55
Nordrhein-Westfalen	1,97	1,19	0,31	0,47	2,16	1,26	0,33	0,57
Rheinland-Pfalz	2,03	1,48	0,16	0,38	2,62	1,97	0,21	0,45
Saarland	1,26	0,50	0,37	0,38	1,90	0,89	0,44	0,58
Sachsen	2,73	1,20	0,83	0,70	2,99	1,31	0,83	0,85
Sachsen-Anhalt	1,37	0,44	0,48	0,45	1,54	0,41	0,54	0,59
Schleswig-Holstein	1,29	0,58	0,35	0,36	1,68	0,79	0,35	0,53
Thüringen	2,18	1,06	0,53	0,59	2,35	1,16	0,53	0,66
Deutschland	2,74	1,85	0,41	0,49	3,19	2,20	0,44	0,56

FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben der Bundesländer für FuE an ihrem Bruttoinlandsprodukt, aufgeschlüsselt nach durchführendem Sektor. BIP zum Stand 22.10.2021.
 Quelle: SV Wissenschaftsstatistik und statistische Ämter des Bundes und der Länder. Berechnungen der SV Wissenschaftsstatistik in Kladroba et al. (2022).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Tab. C2-5 Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen sowie Größen- und Technologieklassen 2019



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

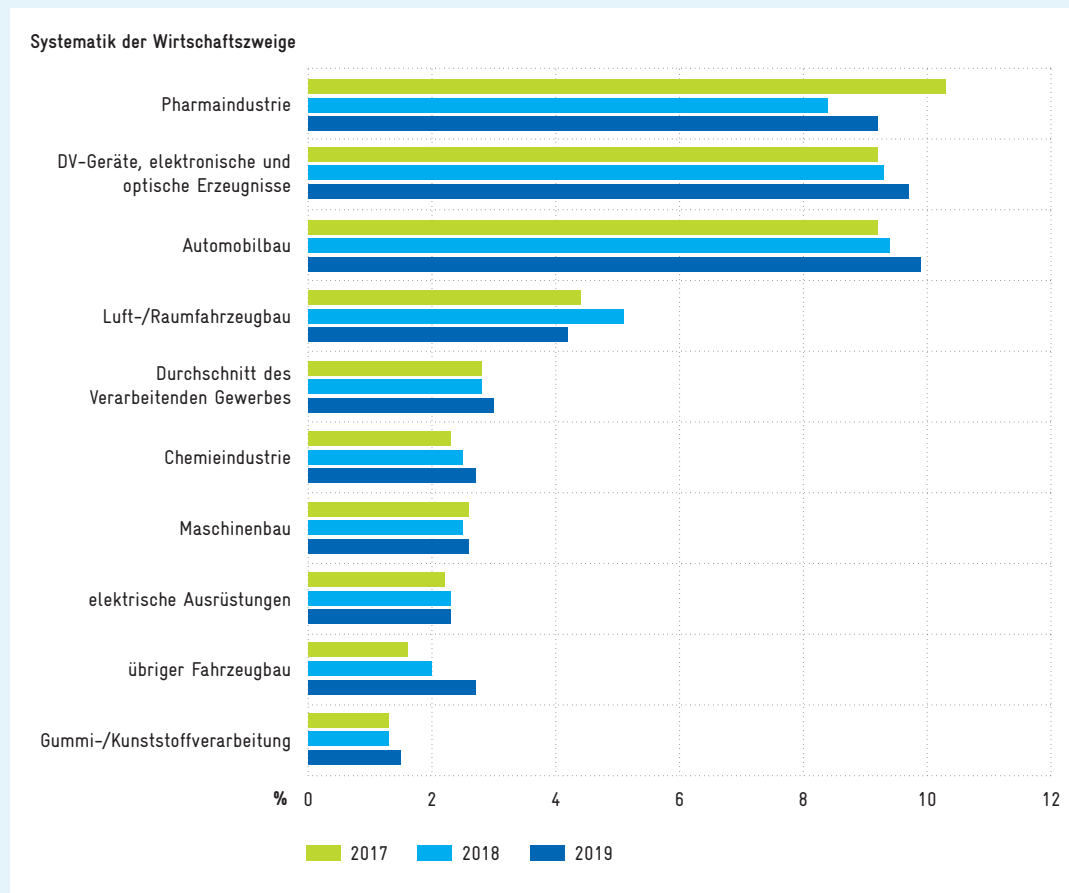
	interne FuE-Ausgaben				
	insgesamt	davon finanziert von			
		Wirtschaft	Staat	sonstigen inländischen Institutionen (z. B. Hochschulen)	Ausland
	in 1.000 Euro	in Prozent			
alle forschenden Unternehmen	75.830.367	88,2	3,2	0,1	8,5
Verarbeitendes Gewerbe	64.361.021	89,0	2,0	0,1	8,9
chemische Industrie	4.411.372	92,7	1,4	0,0	5,9
pharmazeutische Industrie	5.433.856	82,4	0,9	0,0	16,6
Kunststoff-, Glas- u. Keramikindustrie	1.708.901	90,6	2,8	0,1	6,6
Metallerzeugung und -bearbeitung	1.567.668	80,3	9,8	0,3	9,5
Elektrotechnik/Elektronik	11.416.474	88,2	3,1	0,0	8,7
Maschinenbau	7.450.294	94,5	2,5	0,3	2,7
Fahrzeugbau	30.230.207	88,9	1,1	0,2	9,8
übriges Verarbeitendes Gewerbe	2.142.249	90,5	3,5	0,1	5,9
übrige Wirtschaftszweige	11.469.346	83,4	10,1	0,2	6,3
< 100 Beschäftigte	3.815.854	70,2	23,2	0,5	6,0
100–499 Beschäftigte	6.265.028	85,3	7,3	0,2	7,2
500–999 Beschäftigte	4.189.250	90,5	2,5	0,1	7,0
≥ 1.000 Beschäftigte	61.560.235	89,4	1,6	0,1	8,9
Technologieklassen in der Industrie					
Spitzentechnologie (> 9 Prozent FuE-Aufwand/Umsatz)	16.239.674	84,3	3,6	0,0	12,0
hochwertige Technologie (3–9 Prozent FuE-Aufwand/Umsatz)	42.032.649	90,8	1,0	0,2	8,0

Interne FuE: FuE, die innerhalb des Unternehmens durchgeführt wird, unabhängig davon, ob für eigene Zwecke oder im Auftrag anderer.
Quelle: SV Wissenschaftsstatistik in Kladroba et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C2-6 Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes 2017–2019



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



Interne FuE: FuE, die innerhalb des Unternehmens durchgeführt wird, unabhängig davon, ob für eigene Zwecke oder im Auftrag anderer. Die internen FuE-Ausgaben werden in Prozent des gesamten Umsatzes und nicht in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen angegeben. Angaben ohne Vorsteuer.

Quelle: SV Wissenschaftsstatistik, Statistisches Bundesamt. Berechnungen der SV Wissenschaftsstatistik in Kladroba et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

C3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

Die alle zwei Jahre durchgeführte und von Eurostat koordinierte europaweite Innovationserhebung Community Innovation Survey (CIS) bildet die Datengrundlage für den internationalen Vergleich des Innovationsverhaltens von Unternehmen (C 3-1).⁴⁶¹ Sie richtet sich an Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und in ausgewählten Dienstleistungssektoren. Im Jahr 2018 lag die Innovationsintensität, d. h. der Anteil der Innovationsausgaben am Gesamtumsatz, der forschungsintensiven Industrie in Deutschland mit 7,4 Prozent über den Quoten der Vergleichsländer. In den wissensintensiven Dienstleistungen verzeichneten Schweden und Finnland mit 5,6 und 4,3 Prozent die höchsten Innovationsintensitäten der Vergleichsländer. In Deutschland betrug diese Quote 3,2 Prozent.

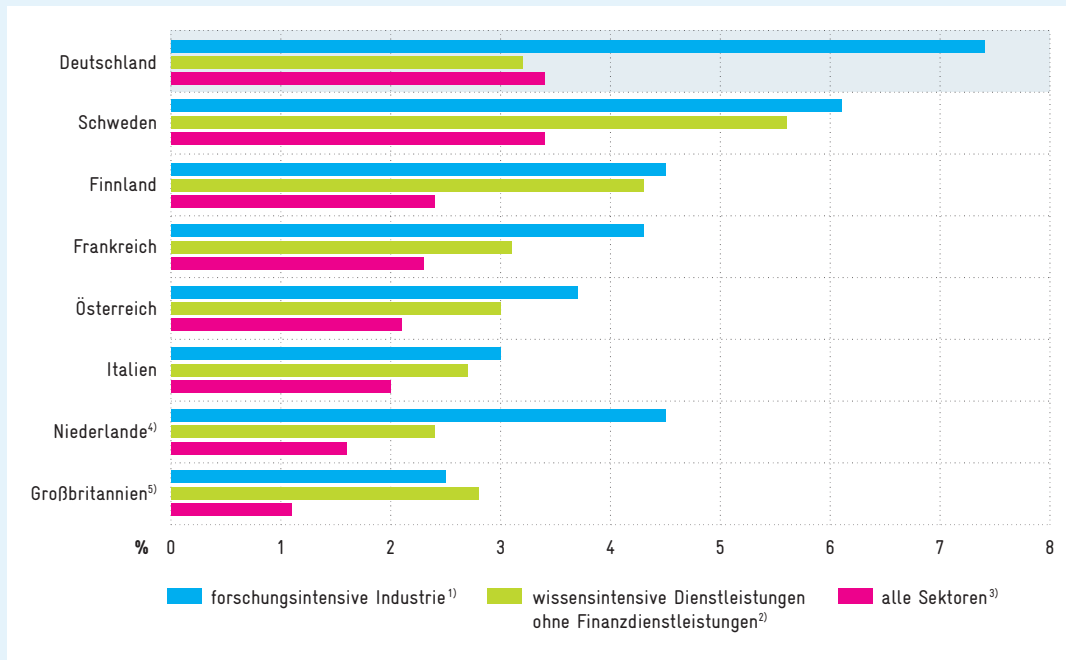
Die in den Grafiken C 3-2 und C 3-3 dargestellten Daten zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft im Zeitraum von 2010 bis 2020 beruhen auf der seit 1993 jährlich durchgeführten Innovationserhebung des ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), dem Mannheimer Innovationspanel (MIP).⁴⁶² Das MIP stellt den deutschen Beitrag zur CIS-Erhebung dar. Es umfasst aber über die an Eurostat zu meldenden Daten hinaus auch Daten zu Unternehmen mit fünf bis neun Beschäftigten.

Die Innovationsintensität (C 3-2) stieg in dem von der Coronakrise geprägten Jahr 2020 gegenüber dem Vorjahr sowohl in der FuE-intensiven Industrie (von 8,9 auf 9,3 Prozent) als auch in den wissensintensiven Dienstleistungen (von 6,1 auf 6,3 Prozent) leicht an. In der sonstigen Industrie (1,4 Prozent), den sonstigen Dienstleistungen (0,6 Prozent) und in den Finanzdienstleistungen (0,9 Prozent) verharrte sie auf dem jeweiligen Vorjahresniveau.

Der Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten (C 3-3) als ein Maß für den Innovationserfolg von Unternehmen ging 2020 in der FuE-intensiven Industrie gegenüber dem Vorjahr etwas zurück (von 31,2 auf 30,6 Prozent) und setzt damit den leicht rückläufigen Trend der Vorjahre fort. Ein Anstieg im Vergleich zum Vorjahr war hingegen in der sonstigen Industrie (von 7,0 auf 7,4 Prozent), den wissensintensiven Dienstleistungen (von 13,6 auf 14,7 Prozent) und den sonstigen Dienstleistungen (von 6,4 auf 6,8 Prozent) zu verzeichnen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Kommerzialisierung innovativer Technologien ist die Normung und Standardisierung. Auf internationaler Ebene werden Normen und Standards in den Komitees der International Organization for Standardization (ISO) entwickelt. Durch das Engagement in diesen Komitees kann ein Land maßgeblich Einfluss auf die globalen technischen Infrastrukturen nehmen (C 3-4).⁴⁶³ Deutsche Unternehmen brachten sich 2021 in die Arbeit der ISO deutlich häufiger ein als Vertreterinnen und Vertreter anderer Länder, haben ihr Engagement im Vergleich zu 2011 aber kaum verändert.⁴⁶⁴ Im Zehnjahreszeitraum von 2011 bis 2021 haben insbesondere China und Japan ihre Beteiligung in der ISO deutlich erhöht.

Abb. C3-1 Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2018 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.

¹⁾ Forschungsintensive Industrie: WZ 19-22, 25-30. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der forschungsintensiven Industrie von der sonst von der EFI verwendeten Definition ab.

²⁾ Wissensintensive Dienstleistungen ohne Finanzdienstleistungen: WZ 58-63, 71-73. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der wissensintensiven Dienstleistungen von der sonst von der EFI verwendeten Definition ab.

³⁾ Alle Sektoren: WZ 5-39, 46, 49-53, 58-66, 71-73.

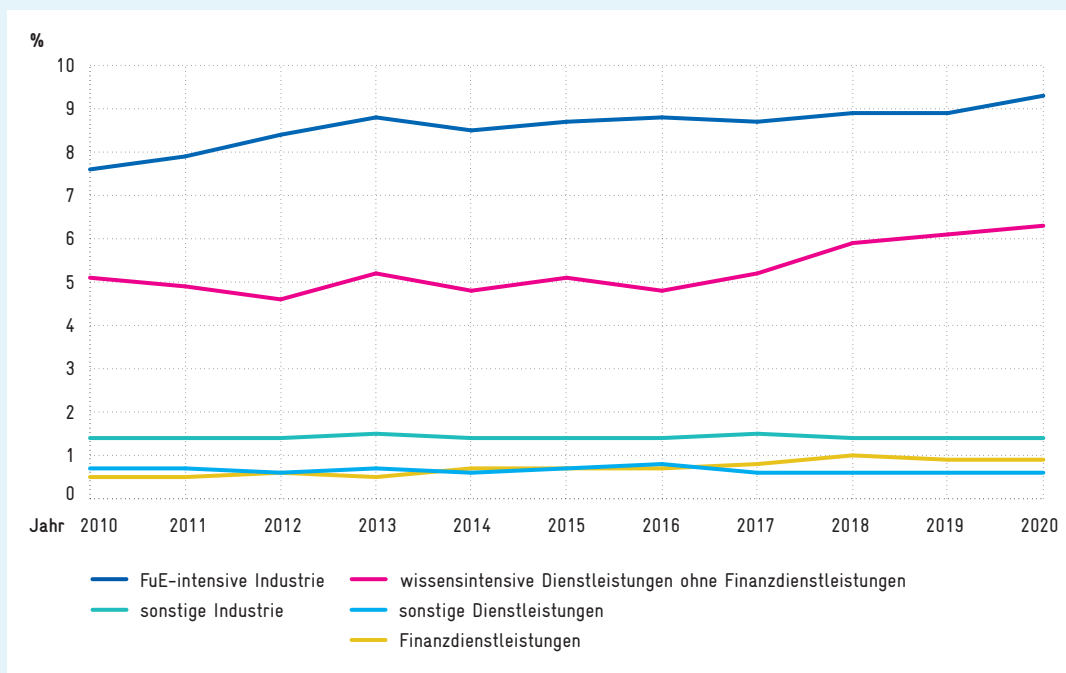
⁴⁾ Bezugsjahr 2016. Forschungsintensive Industrie nur WZ 25-30.

⁵⁾ Bezugsjahr 2016.

Quelle: Eurostat, Community Innovation Surveys 2018 und 2016. Berechnungen des ZEW.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C3-2 Innovationsintensität in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2010–2020 in Prozent



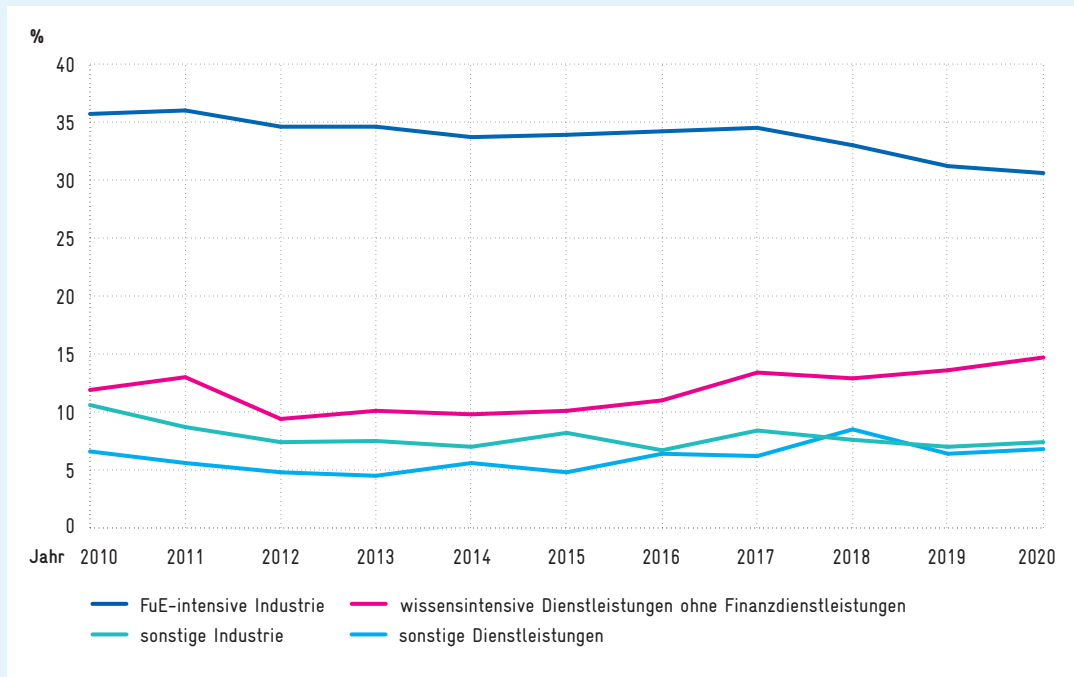
[Download der Abbildung und Daten](#)

Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.

Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

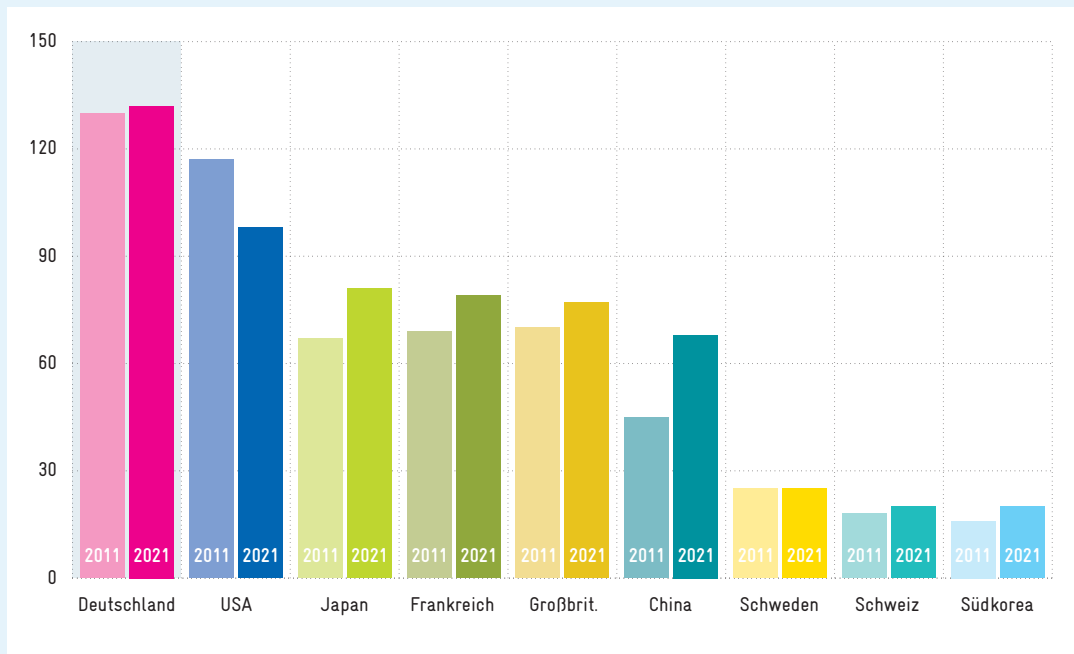
Abb. C3-3 Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2010–2020 in Prozent



Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. C3-4 Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate 2011 und 2021



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ISO (2012) und <https://www.iso.org/members.html> (Abruf am 23. Dezember 2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der Abbildung und Daten](#)

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation⁴⁶⁵

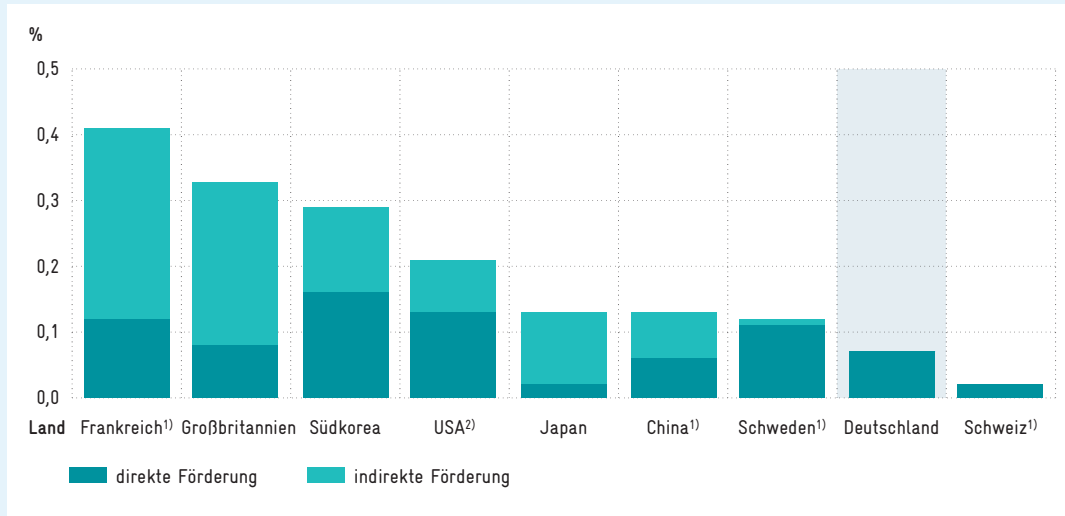
Die öffentliche Finanzierung von Forschung und Entwicklung (FuE) im Wirtschaftssektor kann über eine direkte FuE-Förderung oder eine indirekte FuE-Förderung (steuerliche FuE-Förderung) erfolgen. Abbildung C 4-1 zeigt den Anteil der direkten und indirekten FuE-Förderung im Wirtschaftssektor am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in ausgewählten Ländern. Deutlich erkennbar ist, dass Deutschland in dieser Gruppe nur vor der Schweiz liegt. Das Instrument der steuerlichen FuE-Förderung stand Unternehmen im betrachteten Jahr (2018) in den meisten der aufgeführten Länder zur Verfügung, Deutschland machte 2018 von dieser Förderungsmöglichkeit noch keinen Gebrauch. Erst zu Beginn des Jahres 2020 trat in Deutschland das Forschungszulagengesetz in Kraft.

Abbildung C 4-2 gibt einen Überblick über den Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen BIP ausgewählter Länder. Für den Vergleich werden Daten von Invest Europe herangezogen, die aufgrund der harmonisierten Erfassung und Aufbereitung gut international vergleichbar sind.⁴⁶⁶ Die höchsten Wagniskapitalinvestitionen relativ zum BIP verzeichneten im Jahr 2020 Finnland und Großbritannien. Deutschland nimmt innerhalb der europäischen Vergleichsgruppe nur eine Position im unteren Mittelfeld ein und der Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am BIP ist 2020 im Vergleich zum Vorjahr leicht gesunken.

Da bei den Invest-Europe-Daten nur Wagniskapitalinvestitionen der im Verband organisierten Unternehmen erfasst werden, besteht die Gefahr, das Volumen zu unterschätzen.⁴⁶⁷ Für die Analyse der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland werden daher neben den Invest-Europe-Daten auch Daten aus Transaktionsdatenbanken⁴⁶⁸ verwendet. Deren Vorteil besteht darin, dass die Beobachtungseinheit die einzelne Transaktion ist, was die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass auch Ko-Investitionen von untypischen Marktteilnehmern⁴⁶⁹ und außereuropäischen Investoren erfasst werden.

Abbildung C 4-3 liefert einen Überblick über die Entwicklung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland. Sowohl bei den Invest-Europe-Daten als auch bei den Transaktionsdaten ist im Zeitraum von 2010 bis 2020 insgesamt ein deutlicher Anstieg der Wagniskapitalinvestitionen zu erkennen, der bei den Transaktionsdaten jedoch erheblich größer ausfällt. Allerdings ist bei beiden Datenbanken auch ein deutlicher Rückgang der Wagniskapitalinvestitionen im Jahr 2020 festzustellen. Unter Verwendung der Transaktionsdaten kommt es zu einer starken Veränderung der Struktur der Wagniskapitalinvestitionen. Allerdings wäre eine solche Veränderung vermutlich auch für andere Länder festzustellen. Die erweiterte Datenbasis lässt also keine Rückschlüsse darauf zu, ob die im internationalen Vergleich schwache Position Deutschlands bei der Verfügbarkeit von Wagniskapital relativ zu anderen Ländern verbessert werden konnte. Selbst wenn die Wagniskapitalinvestitionen im Jahr 2020 in den Verbandsdaten um das Zweieinhalbfache unterschätzt wurden, wäre der Wert für die Vereinigten Staaten noch um das Vierfache höher als derjenige für Deutschland.

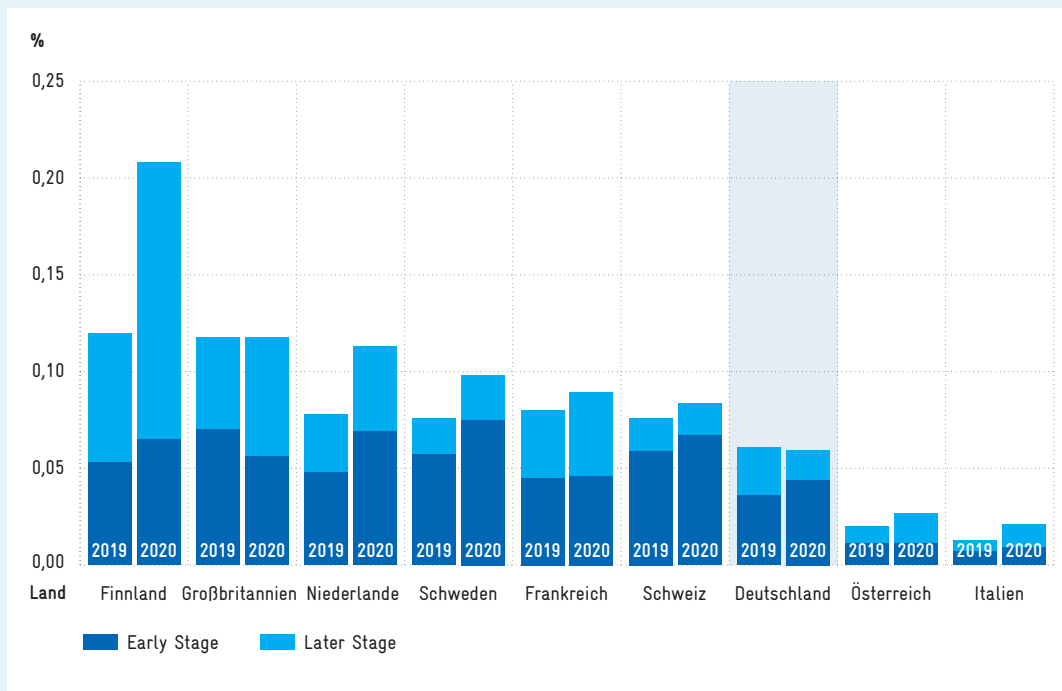
Abb. C4-1 Durch den Staat finanzierte FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2018 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Die öffentliche Finanzierung von FuE im Wirtschaftssektor wird in direkte FuE-Förderung und indirekte (steuerliche) FuE-Förderung unterteilt.
¹⁾ 2017, ²⁾ 2016.
 Quelle: OECD R&D Tax Incentive Database, Recherche März 2021.
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C4-2 Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2019 und 2020 in Prozent



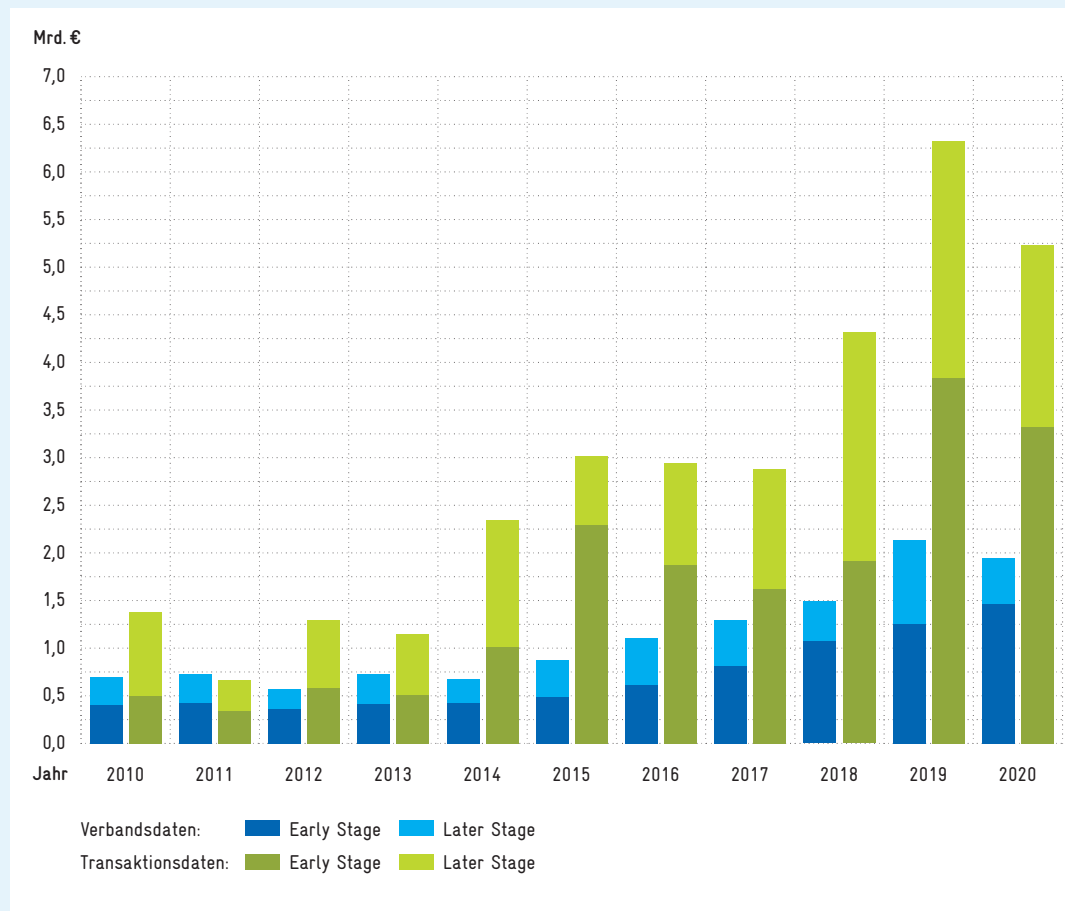
[Download der Abbildung und Daten](#)

Wagniskapital bezeichnet zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht-börsennotierten Unternehmen. Daten für 2019 teils revidiert.
 Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up.
 Quelle: Invest Europe. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022).
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. C 4-3 Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland 2010–2020 in Milliarden Euro



Wagniskapital bezeichnet zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht-börsennotierten Unternehmen. Verbandsdaten für 2019 leicht revidiert. Transaktionsdaten teils revidiert. Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up. Quelle Verbandsdaten: Invest Europe. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022). Quelle Transaktionsdaten: Bureau van Dijk, Majunke. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

C 5 Unternehmensgründungen

Ein internationaler Vergleich der Gründungsraten, also der Zahl der Gründungen im Verhältnis zum Gesamtbestand der Unternehmen, ist nur auf europäischer Ebene möglich.⁴⁷⁰ Hierzu werden die Business Demography Statistics von Eurostat herangezogen (C 5-1), die einen Teilbereich der Strukturellen Unternehmensstatistik (SUS) der Europäischen Union darstellen.⁴⁷¹ Beim Vergleich der Gründungsraten von acht ausgewählten europäischen Ländern lag Deutschland im Jahr 2019 über die Gesamtwirtschaft gesehen mit 9,1 Prozent auf dem vierten Rang.⁴⁷² Auch bei den Gründungsraten in der FuE-intensiven Industrie (4,2 Prozent, Rang 6) und in den wissensintensiven Dienstleistungen (9,6 Prozent, Rang 5 mit Italien) konnte Deutschland im Jahr 2019 keine Spitzenposition erreichen.

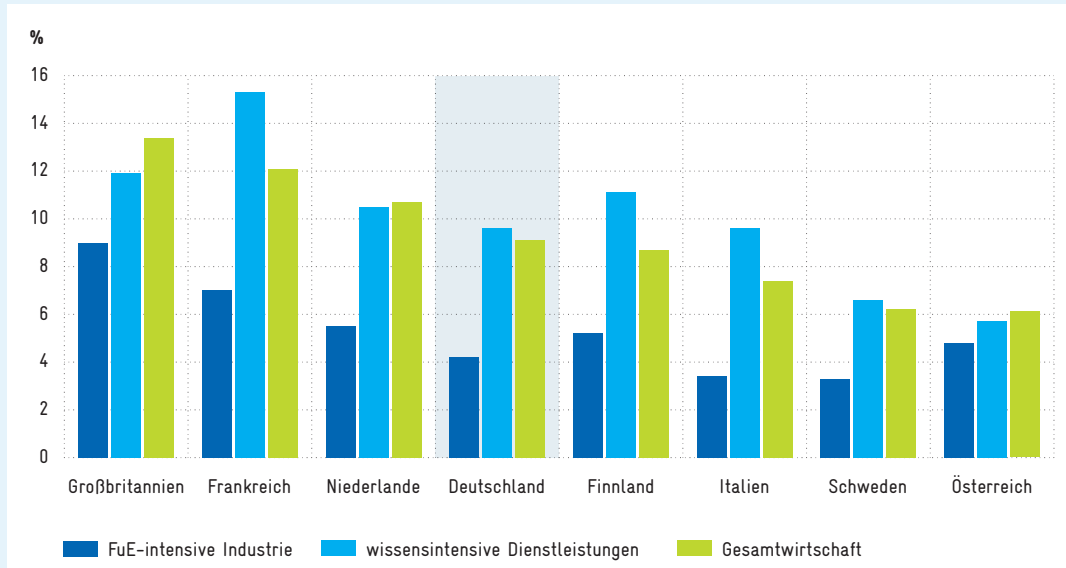
Grundlage der in den Grafiken C 5-2 bis C 5-4 dargestellten Ergebnisse zur Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft ist eine vom ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) durchgeführte Auswertung des Mannheimer Unternehmenspanels (MUP). Das MUP ist ein Paneldatensatz des ZEW zu Unternehmen in Deutschland, der in Kooperation mit Creditreform, der größten deutschen Kreditauskunftei, seit dem Jahr 1992 erstellt wird.⁴⁷³ Der im MUP verwendete Unternehmensbegriff umfasst ausschließlich wirtschaftsaktive Unternehmen; als Unternehmensgründungen gelten nur originäre Neugründungen.⁴⁷⁴ Die in Abbildung C 5-2 dargestellte Gründungsrate wird demnach auf einer anderen Datenbasis berechnet als bei den Business Demography Statistics, sodass hier kein direkter Vergleich möglich ist.⁴⁷⁵ Das heißt, die Werte weichen von den in Abbildung C 5-1 für Deutschland angegebenen Werten ab.

In der Gesamtwirtschaft und in der Wissenswirtschaft waren die Gründungsraten in den vergangenen Jahren relativ konstant (C 5-2).⁴⁷⁶ Auch im Jahr 2020, als die Coronakrise die Wirtschaft hart traf, zeigten sich bei den Gründungsraten keine großen Veränderungen. In der Gesamtwirtschaft sank die Gründungsrate 2020 gegenüber dem Vorjahr leicht von 5,1 auf 5,0 Prozent, in der Wissenswirtschaft stieg sie von 4,9 auf 5,1 Prozent.

Wie die Gründungsraten, so blieben auch die Schließungsraten im Jahr 2020 relativ stabil (C 5-3).⁴⁷⁷ Gegenüber dem Vorjahr gingen die Schließungsraten in der Gesamtwirtschaft um 0,3 Prozentpunkte auf 4,9 Prozent zurück. In der Wissenswirtschaft lag die Quote unverändert bei 4,7 Prozent.

Im Vergleich der Bundesländer wies Berlin im Zeitraum von 2018 bis 2020 in der Gesamtwirtschaft (6,4 Prozent) und in der FuE-intensiven Industrie (4,7 Prozent) sowie den wissensintensiven Dienstleistungen (6,9 Prozent) die höchsten Gründungsraten auf (C 5-4).⁴⁷⁸ In der FuE-intensiven Industrie nahmen mit Hamburg (4,3 Prozent) und Bremen (3,9 Prozent) die beiden anderen Stadtstaaten den zweiten und dritten Rang ein. In den wissensintensiven Dienstleistungen erreichten das Saarland (6,1 Prozent) und Bayern (5,7 Prozent) nach Berlin die höchsten Gründungsraten.

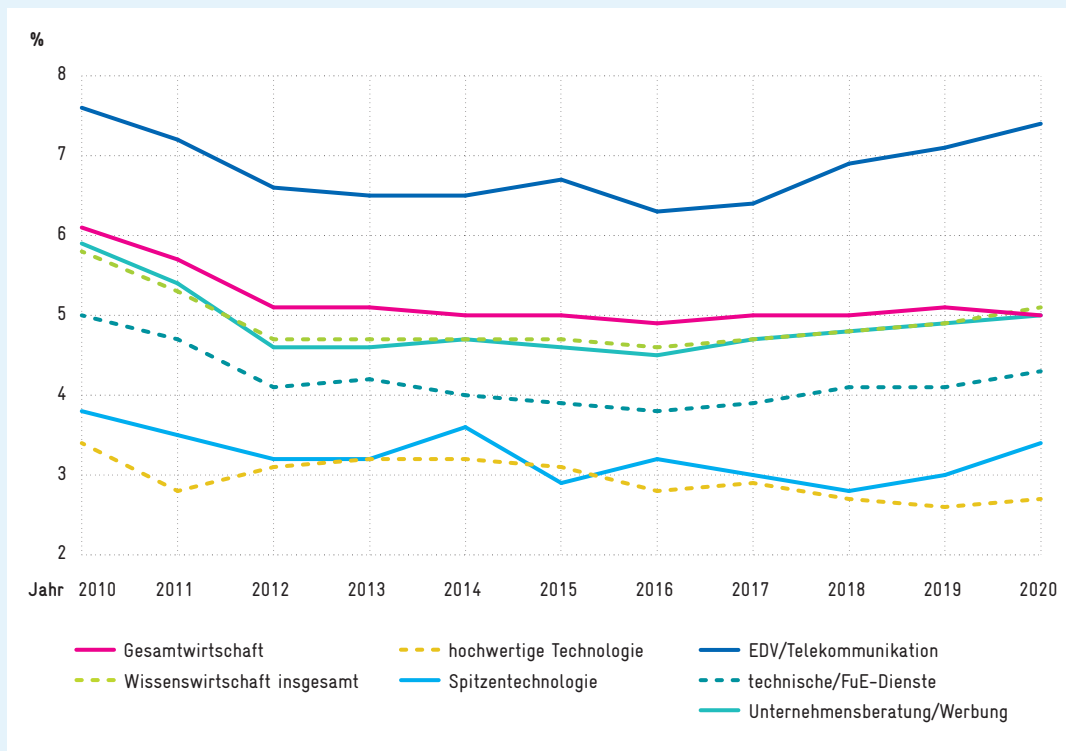
Abb. C5-1 Gründungsraten in ausgewählten Ländern 2019 in Prozent



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.
Quelle: Business Demography Statistics (Eurostat). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C5-2 Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2010–2020 in Prozent

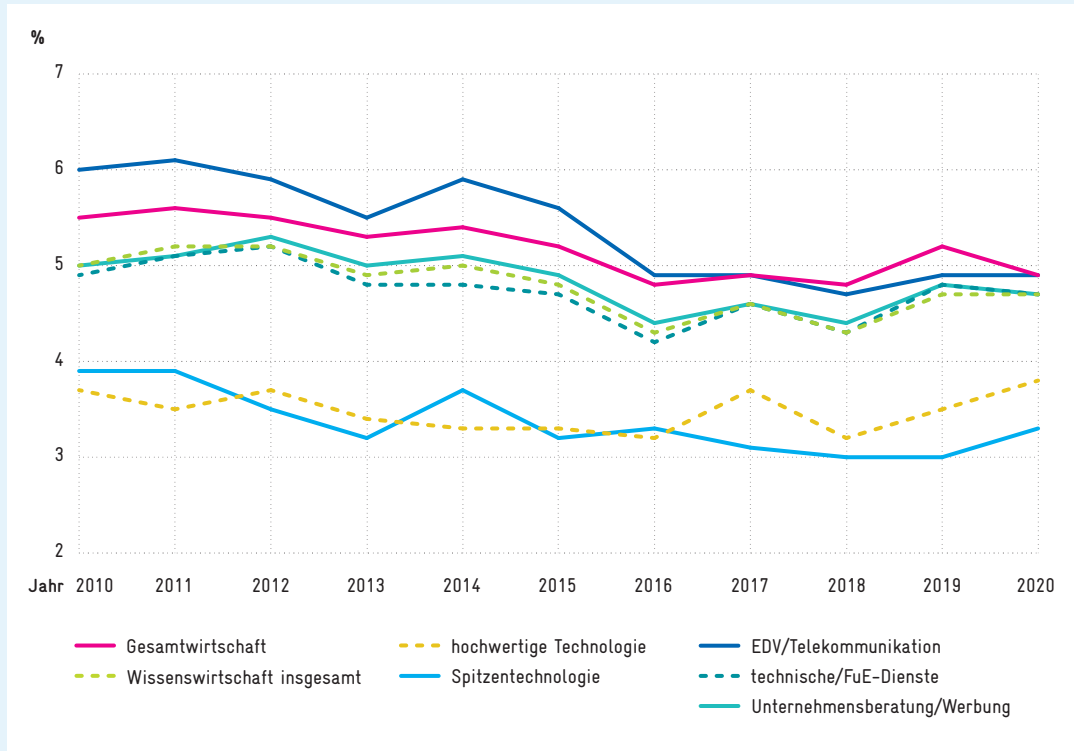


[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien (hochwertige Technologie und Spitzentechnologie) sowie die wissensintensiven Dienstleistungen.
Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.
Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.


Abb. C5-3 Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2010–2020 in Prozent

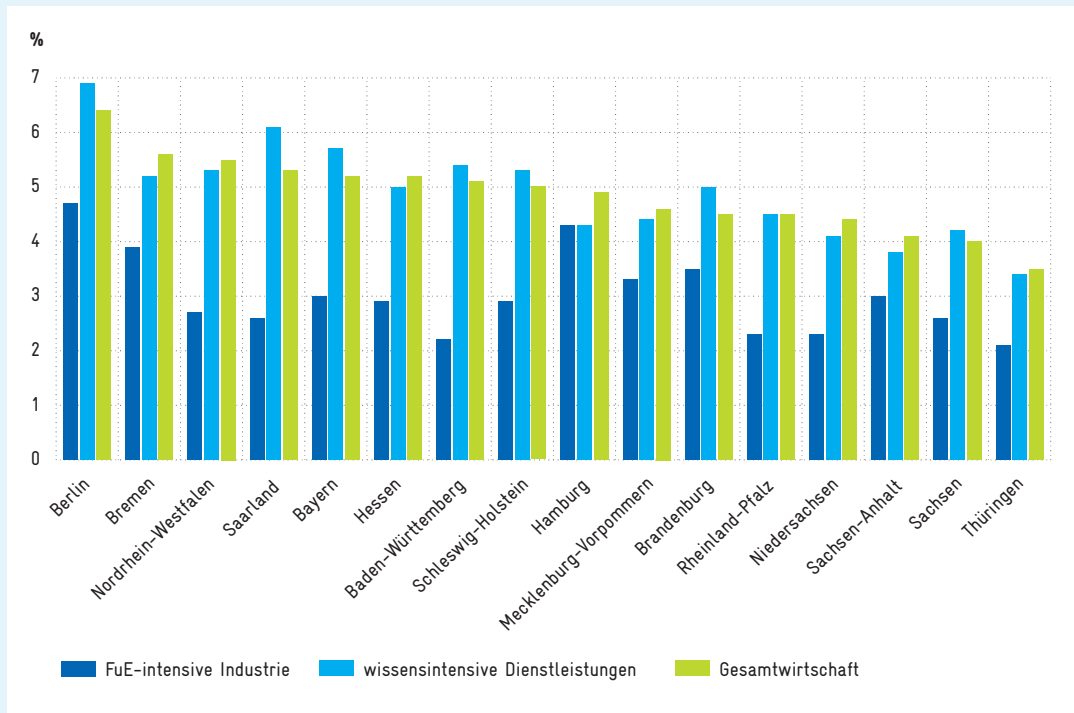
 [Download der Abbildung und Daten](#)



Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien (hochwertige Technologie und Spitzentechnologie) sowie die wissensintensiven Dienstleistungen.
Schließungsrate: Anzahl der Unternehmen, die während eines Jahres stillgelegt wurden, in Relation zum Unternehmensbestand.
Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C5-4 Gründungsraten nach Bundesländern 2018–2020 in Prozent

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.
Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

C 6 Patente⁴⁷⁹

Die Anzahl transnationaler Patentanmeldungen ist ein Maß für die Innovationstätigkeit einer Volkswirtschaft. Die Gesamtzahl der jährlichen Patentanmeldungen in den betrachteten Ländern hat sich im Zeitraum von 1997 bis 2019 nahezu verdreifacht. Seit Mitte der 2000er-Jahre stagnieren jedoch die transnationalen Patentanmeldungen Deutschlands und auch diejenigen anderer europäischer Volkswirtschaften wie Großbritanniens, Schwedens und der Schweiz (C 6-1). Demgegenüber weisen insbesondere China und Südkorea in diesem Zeitraum hohe Wachstumsraten auf. China hat nach Deutschland und Japan 2019 erstmals auch die USA überholt und verfügt nun über die höchste Anzahl an transnationalen Patentanmeldungen.

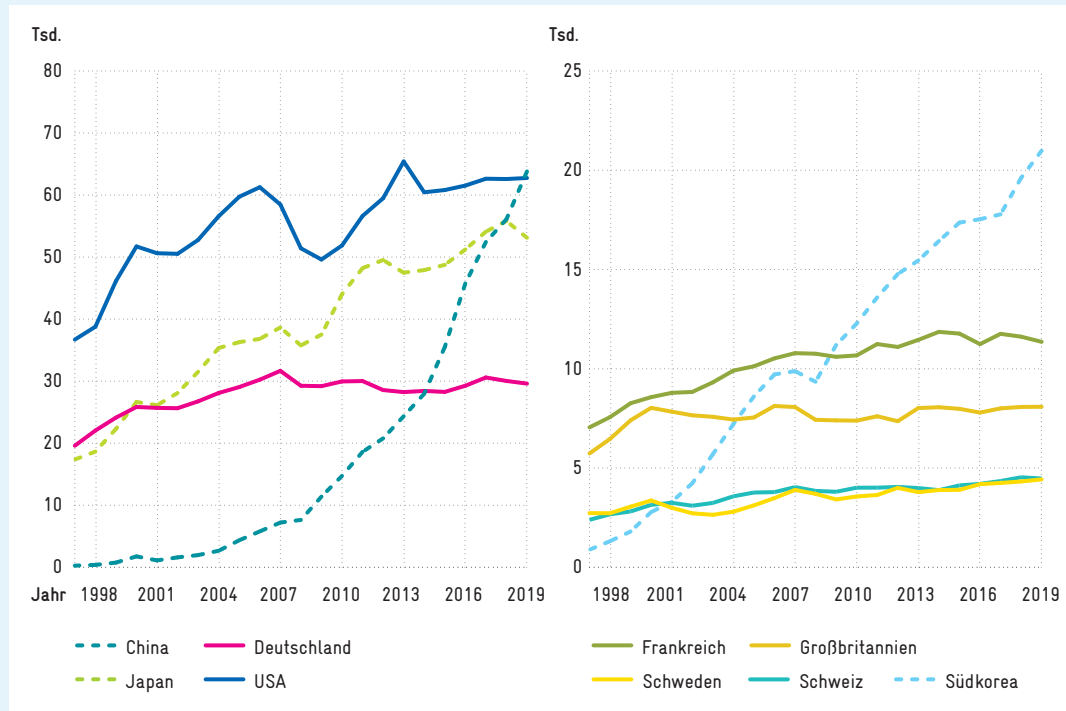
Während China im Jahr 2019 bei den absoluten Anmeldungen führend ist, liegt es hinsichtlich der Patentintensität (Patentanmeldungen pro Million Erwerbstätige) weiterhin deutlich hinter den großen europäischen und asiatischen Industrienationen (C 6-2). Hier stehen die Schweiz, Schweden und Japan an der Spitze, gefolgt von Südkorea, Finnland und Deutschland. Die führenden Volkswirtschaften weisen Patentintensitäten auf, die um rund den Faktor 10 höher sind als diejenige Chinas. Allerdings verzeichnet China bei der Entwicklung der Patentintensität in den Jahren 2009 bis 2019 die mit Abstand höchste Dynamik aller betrachteten Länder.

Weitere Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes lassen sich aus den Patentaktivitäten im Bereich der FuE-intensiven Technologien ziehen. Dieser Bereich umfasst Industriebranchen, die mehr als 3 Prozent ihres Umsatzes in FuE investieren (FuE-Intensität). Die FuE-intensiven Technologien umfassen die Bereiche der hochwertigen Technologien (FuE-Intensität zwischen 3 und 9 Prozent) sowie der Spitzentechnologien (FuE-Intensität höher als 9 Prozent).

Im internationalen Vergleich zeigt sich eine deutliche und stabile Spezialisierung Deutschlands auf die hochwertigen Technologien (C 6-3), was durch die traditionellen Stärken Deutschlands in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der chemischen Industrie zu erklären ist. Deutschland verzeichnet hier den höchsten Wert der Vergleichsgruppe.

Dagegen sind China, Schweden und die USA auf den Bereich der Spitzentechnologie spezialisiert (C 6-4), einen Bereich, in dem Deutschland ebenso wie Japan unterdurchschnittlich abschneidet. Diese Spezialisierungen spiegeln die technologische Ausrichtung der betrachteten Volkswirtschaften wider und unterliegen im Beobachtungszeitraum nur geringen Schwankungen.

Abb. C6-1 Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern 1997–2019



[Download der Abbildung und Daten](#)

Die transnationalen Patentanmeldungen umfassen Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das Patent Cooperation Treaty (PCT) oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt (EPA).
Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäuser und Rothengatter (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Tab. C6-2 Anzahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie in ausgewählten Ländern 2019

	Anzahl*	Intensität*	Intensität FuE-intensive Technologie	Wachstum (2009=100)*	Wachstum FuE-intensive Technologie (2009=100)
Gesamt	306.087			152	152
China	63.805	83	59	560	527
Deutschland	29.608	698	402	101	104
EU-28	79.331	348	197	110	111
Finnland	1.893	738	419	103	100
Frankreich	11.356	418	247	107	108
Großbritannien	8.085	247	141	109	106
Italien	6.028	258	125	109	107
Japan	53.115	790	456	142	127
Kanada	3.624	190	119	102	100
Niederlande	5.004	557	286	127	123
Schweden	4.428	863	593	129	133
Schweiz	4.471	950	472	118	104
Südkorea	20.983	774	484	187	175
USA	62.748	398	263	126	128

Der Industriesektor der FuE-intensiven Technologie umfasst Industriebranchen, die mehr als 3 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung investieren. Die Intensität ist die Anzahl der Patente pro eine Million Erwerbstätige.

* Zahlen beziehen sich auf alle Industriebranchen.

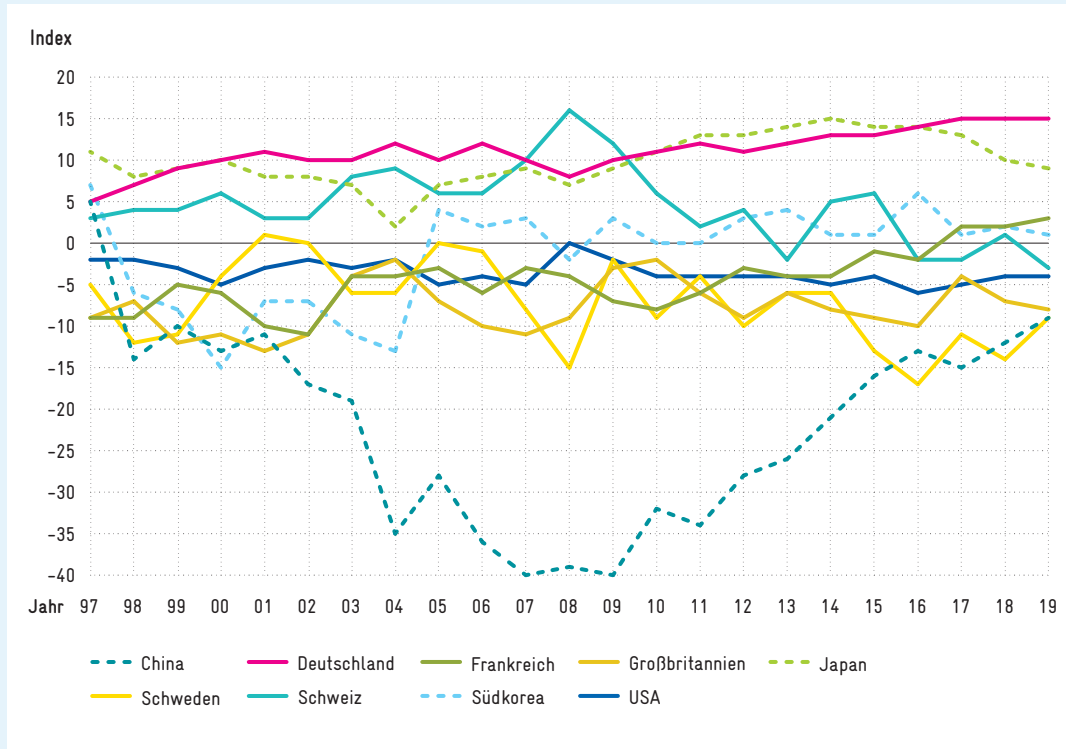
Quelle: EPA (PATSTAT), OECD (MSTI), Weltbank. Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäuser und Rothengatter (2022).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. C6-3 Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich hochwertige Technologie 1997-2019

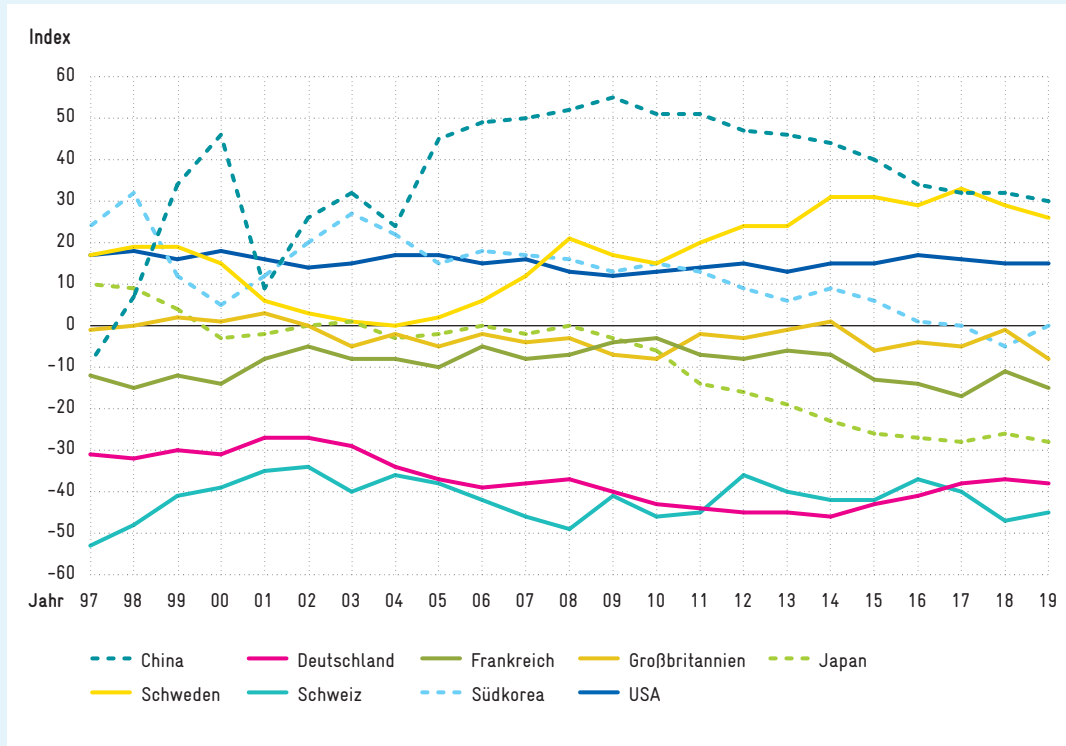


Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist. Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler und Rothengatter (2022). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. C6-4 Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich Spitzentechnologie 1997-2019



Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist. Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler und Rothengatter (2022). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.



[Download der Abbildung und Daten](#)

C7 Fachpublikationen⁴⁸⁰

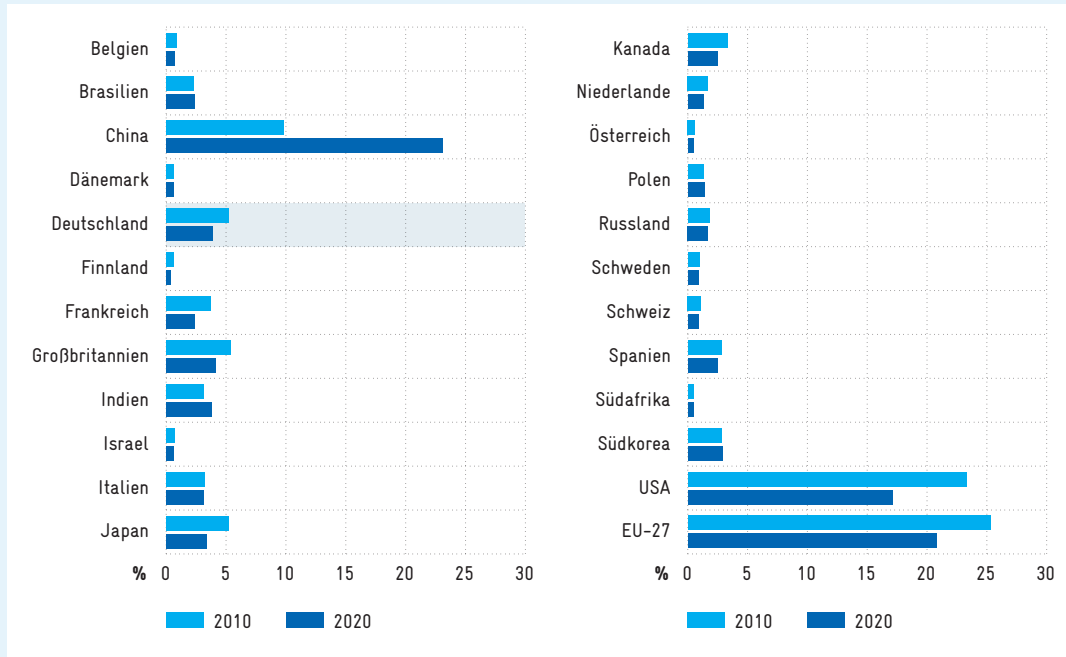
Ein Großteil neuer Technologien und Dienstleistungen basiert auf Entwicklungen und Ergebnissen aus der Wissenschaft. Bibliometrische Indikatoren und Metriken werden daher regelmäßig als Bewertungsmaßstab für wissenschaftliche Leistungen herangezogen, um die Leistungsstärke eines Forschungs- und Wissenschaftssystems in quantitativer und qualitativer Hinsicht abzuschätzen. Die bibliometrische Datenbank Web of Science erfasst weltweit Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften und Zitationen dieser Publikationen. Die Angabe zum Ort der Forschungseinrichtung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ermöglicht eine Zuordnung einzelner Publikationen zu Ländern. Sind an einer Publikation mehrere Autoren aus verschiedenen Ländern beteiligt, so gehen diese in fraktionierter Zählweise in die Berechnungen ein. Zur Bewertung der Leistungsstärke eines Forschungs- und Wissenschaftssystems können Indikatoren zur Quantität und Qualität von Fachpublikationen herangezogen werden.

Die Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Web of Science (C 7-1) weisen für die Vergleichsbetrachtung der Jahre 2010 und 2020 deutliche Veränderungen auf. So haben die meisten Länder, u. a. die großen westeuropäischen Länder Deutschland, Frankreich und Großbritannien sowie die USA, Publikationsanteile verloren. Der deutsche Publikationsanteil ist von 5,2 auf 3,9 Prozent gesunken, der britische von 5,4 auf 4,1 Prozent, der französische von 3,7 auf 2,4 Prozent und der US-amerikanische von 23,3 auf 17,1 Prozent. Dem entgegen steht ein enormer Zuwachs des Publikationsanteils Chinas von 9,8 auf 23,1 Prozent.

Die Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science (C 7-2) ist ein Indikator für die relative Qualität von Fachpublikationen. Der Indexwert Deutschlands lag im Jahr 2018 bei 8,5 und damit unter dem Wert von 15,4 im Jahr 2010. Die Publikationen von Autorinnen und Autoren aus Deutschland haben damit relativ an Qualität verloren. Die Publikationsqualität fast aller Länder, die 2010 überdurchschnittlich abschnitten, hat relativ gesehen nachgelassen. China hat seine relative Publikationsqualität wiederum verbessern können und erreicht für das Jahr 2018 einen Indexwert von 7,1.

Der Indikator Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) bei Publikationen im Web of Science (C 7-3) zeigt, dass der Indexwert für Artikel aus Deutschland im Beobachtungszeitraum von 7,3 auf 0,1 gesunken ist. Artikel aus Deutschland wurden also im Jahr 2018 im Durchschnitt nahezu genauso häufig zitiert wie andere Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erschienen sind. 2010 wurden deutsche Artikel hingegen im Vergleich zu anderen Artikeln in der jeweiligen Zeitschrift noch überdurchschnittlich häufig zitiert. Dieser nachlassende Trend zeigt sich bei den meisten Ländern, die für 2010 einen überdurchschnittlichen Indexwert aufwiesen. Bedeutende Verbesserungen zu einem überdurchschnittlichen Indexwert gelangen hingegen Italien, China und Indien.

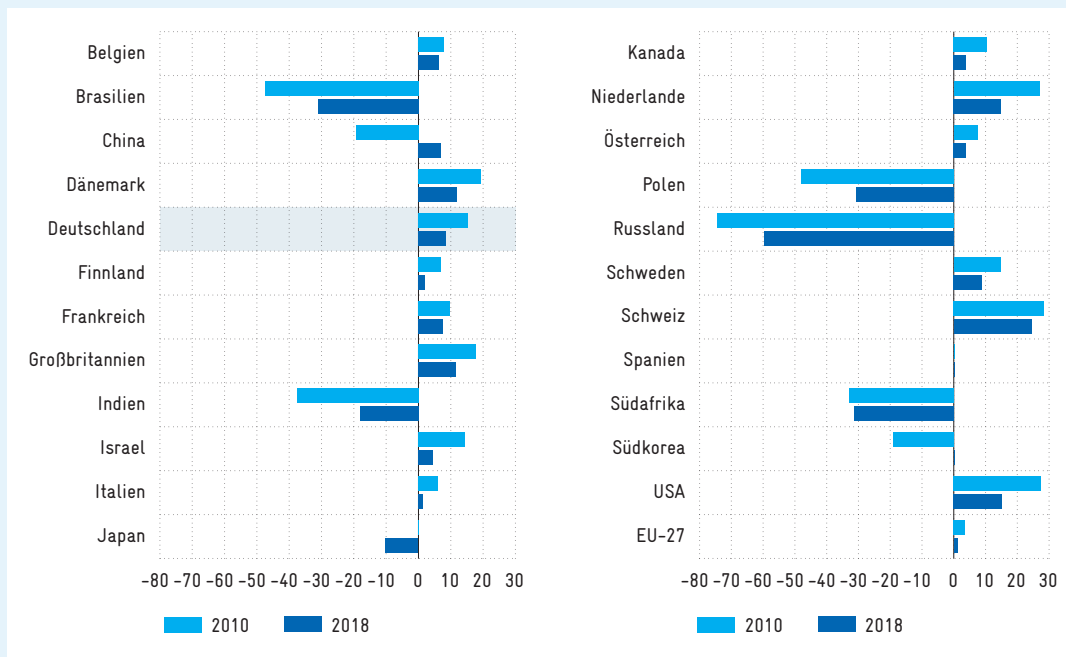
Abb. C7-1 Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen 2010 und 2020 in Prozent



Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stephen und Stahlschmidt (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der
Abbildung
und Daten](#)

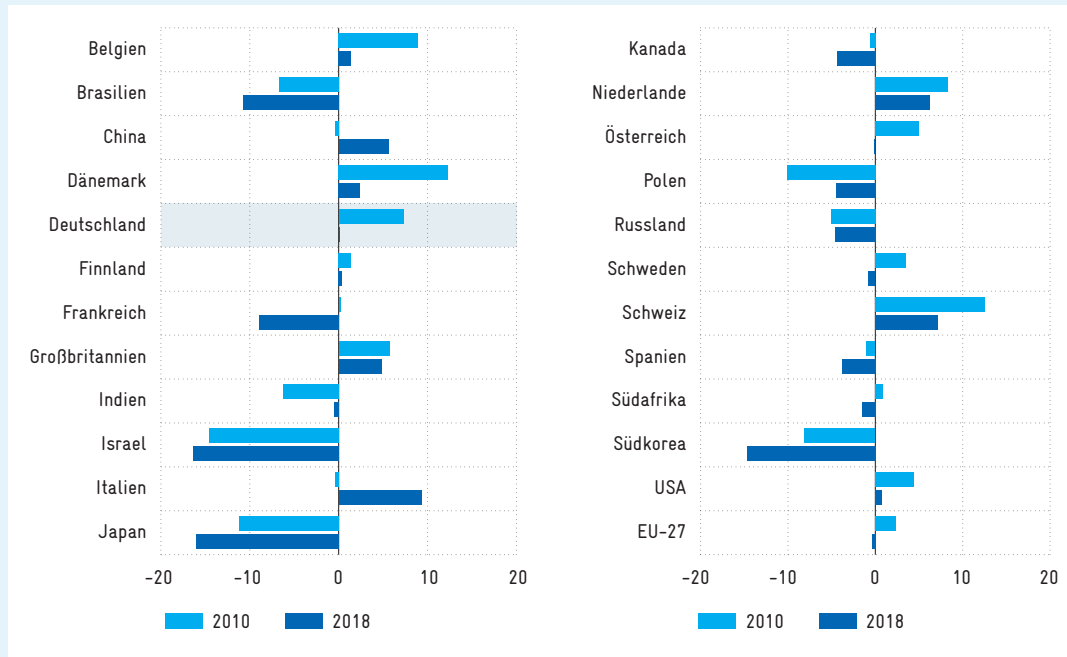
Abb. C7-2 Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2010 und 2018 als Indexwerte



Der IA-Index zeigt an, ob Autorinnen und Autoren eines Landes in Relation zum Weltdurchschnitt in international beachteten oder aber weniger beachteten Zeitschriften publizieren. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche IA hin.
Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stephen und Stahlschmidt (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. C7-3 Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2010 und 2018 als Indexwerte



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Der ZB-Index gibt an, ob die Artikel eines Landes im Durchschnitt häufiger oder seltener zitiert werden als andere Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erschienen sind. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche wissenschaftliche Beachtung hin. Berechnung des Index ohne Eigenzitate. Fraktionierte Zählweise.

Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stephen und Stahlschmidt (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung⁴⁸¹

Das Spezialisierungsmuster eines Landes im Außenhandel kann mithilfe des RCA-Indikators⁴⁸² gemessen werden. Er erfasst die Export/Import-Relation einer Produktgruppe im Verhältnis zur Export/Import-Relation der verarbeiteten Industriegüter insgesamt. Wie bereits in den vergangenen Jahren wies Deutschland auch im Jahr 2020 einen komparativen Vorteil beim Handel mit FuE-intensiven Gütern auf (C 8-1). FuE-intensive Güter setzen sich aus Gütern der hochwertigen Technologie und Gütern der Spitzentechnologie zusammen. Bei genauerer Betrachtung dieser beiden Gütergruppen zeigt sich allerdings, dass Deutschlands komparativer Vorteil nur beim Handel mit Gütern der hochwertigen Technologie positiv war, beim Handel mit Gütern der Spitzentechnologie hingegen negativ ausfiel. Frankreich, Großbritannien, die Schweiz, Südkorea und die USA verzeichneten im Bereich Spitzentechnologie positive Werte des RCA-Indikators; China und Japan wiesen hier im gesamten Betrachtungszeitraum einen negativen RCA-Indikator auf. Schweden verzeichnet seit 2010 negative Werte.

Der Anteil der forschungs- und wissensintensiven Branchen an der Wertschöpfung eines Landes erlaubt Rückschlüsse auf dessen technologische Leistungsfähigkeit im internationalen Vergleich (C 8-2). Die Entwicklung in Deutschland ist seit einigen Jahren von einer abnehmenden Dynamik geprägt. So hat der Wertschöpfungsanteil seit etwa 2015 nur noch geringfügig zu- bzw. am aktuellen Rand sogar abgenommen. Während Deutschland im Jahr 2019 im Bereich der hochwertigen Technologie relativ zu den betrachteten Ländern den höchsten Wertschöpfungsanteil aufwies (8,7 Prozent), lag Deutschland im Bereich der Spitzentechnologie mit 2,8 Prozent deutlich hinter den Spitzenreitern Schweiz (9,5 Prozent) und Südkorea (9,2 Prozent). Die wissensintensiven Dienstleistungen trugen in allen betrachteten Ländern wesentlich mehr zur nationalen Wertschöpfung bei als die forschungsintensiven Industrien. Mit einem Wertschöpfungsanteil von 25,5 Prozent spielten sie 2019 in Deutschland im Vergleich zu den anderen betrachteten Ländern (Ausnahme: Südkorea) jedoch eine geringere Rolle.

Die Bruttowertschöpfung ist in Deutschland seit dem Jahr 2009 kontinuierlich gestiegen (C 8-3). Dabei fiel das Wachstum in den wissensintensiven Dienstleistungen 2019 mit 3,6 Prozent höher aus als im Jahr zuvor (3,2 Prozent). Im wissensintensiven produzierenden Gewerbe hingegen war die Steigerung der Wertschöpfung 2019 mit 0,4 Prozent niedriger als 2018 (1,1 Prozent).

Der Anstieg der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland zwischen 2010 und 2020 ist vor allem auf den Dienstleistungssektor zurückzuführen (C 8-4). In den wissensintensiven Dienstleistungen stieg die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung in diesem Zeitraum um 28,3 Prozent. Im wissensintensiven produzierenden Gewerbe erhöhte sich die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung um 13,6 Prozent.

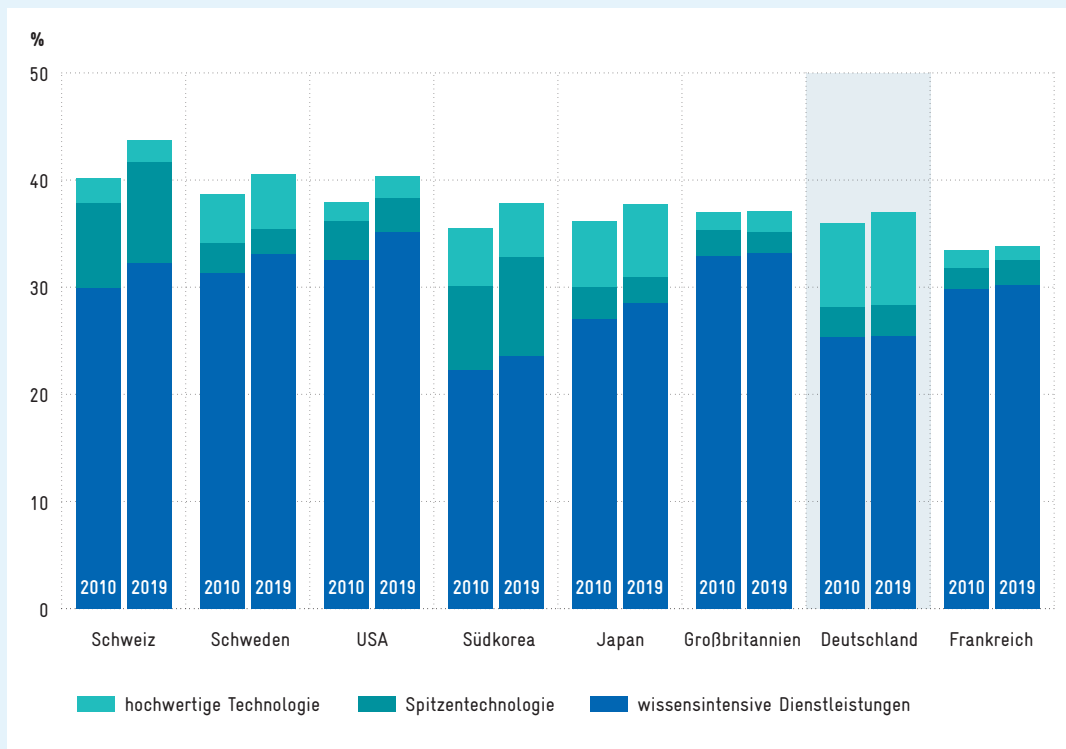
Tab. C8-1 Komparative Vorteile im Außenhandel mit FuE-intensiven Gütern in ausgewählten Ländern 2005–2020 als Indexwerte

Jahr	China*	Deutschland	Frankreich	Großbritannien	Japan	Schweden	Schweiz	Südkorea	USA
FuE-intensive Güter									
2005	-29	10	7	14	42	-1	18	17	17
2010	-27	12	6	11	33	-6	22	19	1
2015	-27	13	5	3	31	-5	28	13	2
2020	-29	8	3	20	26	-1	38	8	-1
Güter der hochwertigen Technologie									
2005	0	27	6	4	75	-2	24	11	-5
2010	-16	30	-2	15	61	-3	21	7	-10
2015	-3	27	-6	1	63	1	21	13	-14
2020	4	19	-6	18	62	7	24	1	-11
Güter der Spitzentechnologie									
2005	-53	-34	8	33	-14	1	4	24	55
2010	-35	-35	20	1	-22	-11	25	33	22
2015	-46	-23	21	8	-35	-22	41	12	27
2020	-54	-19	20	23	-44	-25	66	15	14

FuE-intensive Güter setzen sich zusammen aus Gütern der hochwertigen Technologie und Gütern der Spitzentechnologie. Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Exp./Imp.-Relation bei dieser Gütergruppe höher ist als bei verarbeiteten Industriegütern insgesamt. * inkl. Hongkong.
Quelle: UN COMTRADE Datenbank, Recherche August 2021. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schiersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. C8-2 Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung in ausgewählten Ländern 2010 und 2019 in Prozent

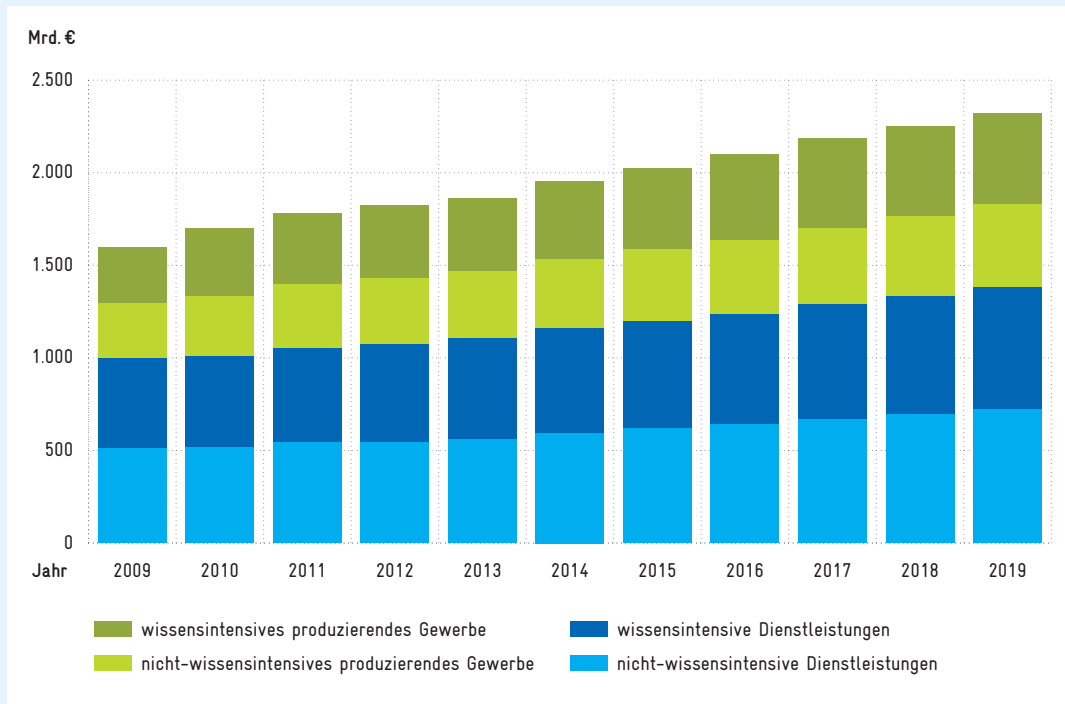


FuE-intensive Industrien (hochwertige Technologien und Spitzentechnologien) weisen eine überdurchschnittliche FuE-Intensität auf. Wissensintensive Dienstleistungen sind durch einen überdurchschnittlichen Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss gekennzeichnet.
Quelle: OECD-NA, OECD-STAN, OECD-SBS, Eurostat-NA, Eurostat-SBS, EU KLEMS. Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin in Schiersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. C8-3 Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2019 in Milliarden Euro

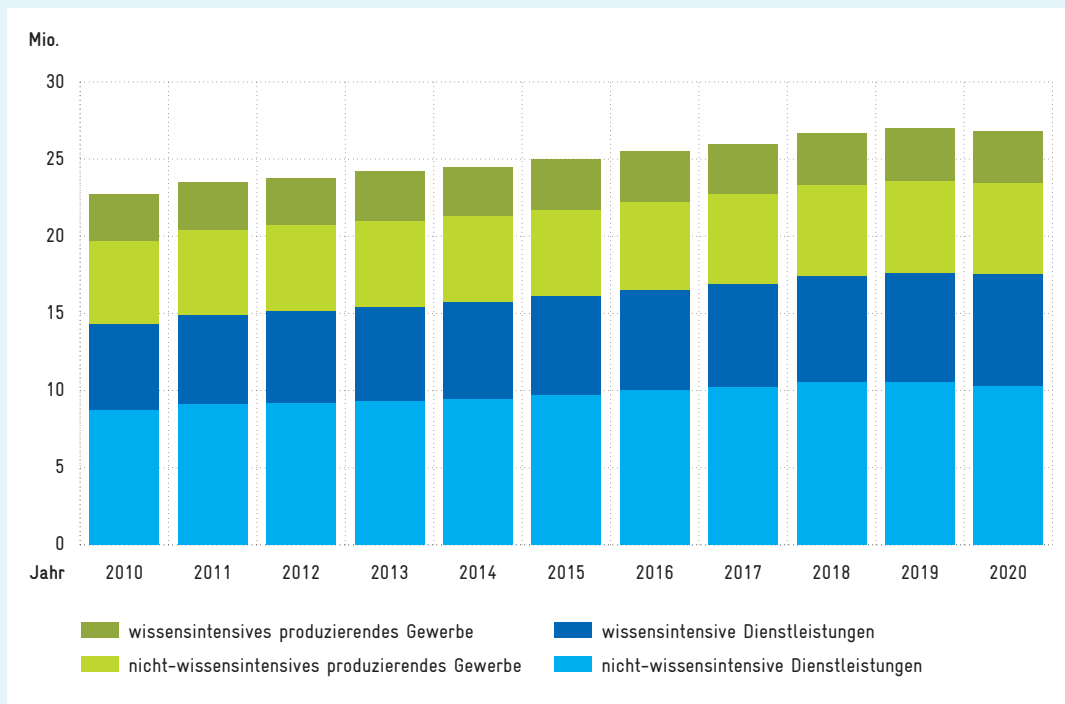
 [Download der Abbildung und Daten](#)



Die Bruttowertschöpfung bezeichnet die Differenz zwischen dem Gesamtwert aller produzierten Waren und Dienstleistungen und der für die Produktion erbrachten Vorleistungen.
Gewerbliche Wirtschaftsbereiche ohne Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, öffentliche Verwaltung und Dienstleistungen, Grundstücks- und Wohnungswesen, Bildung, private Haushalte, Sozialversicherungen, religiöse und andere Vereinigungen, Verbände und Gewerkschaften.
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 18, Reihe 1.4, Rechenstand August 2021. Berechnungen des CWS in Schiersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

Abb. C8-4 Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2010–2020 in Millionen

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Gewerbliche Wirtschaftsbereiche ohne Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, öffentliche Verwaltung und Dienstleistungen, Grundstücks- und Wohnungswesen, Bildung, private Haushalte, Sozialversicherungen, religiöse und andere Vereinigungen, Verbände und Gewerkschaften.
Quelle: Bundesagentur für Arbeit, Berechnungen des CWS in Schiersch et al. (2022).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2022.

D

VERZEICHNISSE



Inhalt

D 1	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen	143
D 2	Abkürzungsverzeichnis	146
D 3	Glossar	150
D 4	Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen	157
D 5	Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem	159
D 6	Literaturverzeichnis	161
D 7	Endnotenverzeichnis	168

D 1 Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen

Box A0-1 _____	23	Box B 2-2 _____	62
F&I-Aktivitäten in der Coronakrise		Annahmen zu Fahrzeugen, Batterien und Strommix	
Abb. B 1-1 _____	44	Abb. B 2-3 _____	63
Entwicklungstätigkeiten und technologische Basis		THG-Emissionen der Fahrzeugherstellung und -entsorgung für ein 2020/2030 angeschafftes Kompaktfahrzeug in Tonnen CO ₂ -Äquivalent	
Abb. B 1-2 _____	45	Abb. B 2-4 _____	63
Mittelwert der Publikationen in den Schlüsseltechnologiebereichen für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2017–2019		THG-Emissionen über das Fahrzeugleben für ein 2020/2030 angeschafftes Kompaktfahrzeug in Tonnen CO ₂ -Äquivalent	
Abb. B 1-3 _____	47	Abb. B 2-5 _____	64
Mittelwert der Publikationen in Digitalen Technologien für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2017–2019		TCO-Ergebnisse für ein 2020/2030 angeschafftes Kompaktfahrzeug in Euro	
Abb. B 1-4 _____	48	Abb. B 2-6 _____	65
Mittelwert der transnationalen Patentanmeldungen in den Schlüsseltechnologiebereichen für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2016–2018		THG-Minderungskosten der alternativen Antriebsarten und Kraftstoffe gegenüber einem konventionellen Benziner 2020/2030 in Euro je Tonne CO ₂ -Äquivalent	
Abb. B 1-5 _____	49	Abb. B 2-7 _____	67
Mittelwert der transnationalen Patentanmeldungen in Digitalen Technologien für ausgewählte Länder und Regionen 2000–2002 und 2016–2018		Anzahl transnationaler Patentanmeldungen in den Bereichen konventioneller und alternativer Antriebstechnologien 1990–2017	
Abb. B 1-6 _____	50	Abb. B 2-8 _____	68
Relative Handelsbilanz Deutschlands in den Schlüsseltechnologiebereichen 2007–2019 in Prozent		Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebstechnologien in ausgewählten Ländern 1990–2017	
Abb. B 1-7 _____	51	Abb. B 2-9 _____	69
Mittelwert des offenbaren komparativen Vorteils in den Einzeltechnologien für ausgewählte Länder und Regionen 2016–2018 in Prozent		Normierte RPA der alternativen Antriebstechnologien in allen Antriebstechnologien von ausgewählten Ländern 2005, 2011, 2017	
Box B 2-1 _____	61	Abb. B 2-10 _____	70
Konventionelle und alternative Antriebe		Anteil konventioneller und alternativer Antriebsarten am Pkw-Absatz in ausgewählten Ländern und weltweit 2010–2020 in Prozent	

Abb. B 2-11 _____	73	Tab. C 1-2 _____	114
Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich automatisierten Fahrens in ausgewählten Ländern 2005–2018		Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der altersgleichen Bevölkerung im Alter von unter 25 Jahren in ausgewählten Ländern 2013–2019 in Prozent	
Abb. B 2-12 _____	73	Abb. C 1-3 _____	115
Anzahl transnationaler Patentanmeldungen im Bereich autonomen Fahrens in ausgewählten Ländern 2005–2018		Studienberechtigte in Deutschland 1970–2030	
Box B 3-1 _____	82	Abb. C 1-4 _____	115
Beispiele für B2B-Plattformen		Anzahl ausländischer Studierender an deutschen Hochschulen 2010–2020	
Abb. B 3-2 _____	83	Tab. C 1-5 _____	116
Zweck der Nutzung digitaler Plattformen im B2B-Bereich		Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote 2015–2020	
Abb. B 3-3 _____	86	Tab. C 1-6 _____	117
Auswirkungen der Nutzung digitaler B2B-Plattformen auf Unternehmen		Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben 2010–2020 in Prozent	
Abb. B 3-4 _____	87	Abb. C 2-1 _____	119
Risiken für Unternehmen durch die Nutzung digitaler B2B-Plattformen		FuE-Intensität in ausgewählten Ländern 2009–2019 in Prozent	
Box B 3-5 _____	87	Abb. C 2-2 _____	119
GAIA-X und Catena-X		Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE in ausgewählten Ländern 2010–2020 als Indexwerte	
Abb. B 3-6 _____	88	Tab. C 2-3 _____	120
Mögliche Maßnahmen der Bundesregierung in Bezug auf B2B-Plattformen, von denen die Innovationstätigkeit von Unternehmen profitieren würde		Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor in ausgewählten Ländern 2010 und 2019	
Box B 4-1 _____	99	Tab. C 2-4 _____	120
Die österreichische elektronische Gesundheitsakte und das französische Dossier Médical Partagé		FuE-Intensität der Bundesländer und Deutschlands 2009 und 2019 in Prozent	
Box B 4-2 _____	101	Tab. C 2-5 _____	121
Health-Tech-Innovationen		Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen sowie Größen- und Technologieklassen 2019	
Abb. B 4-3 _____	101	Abb. C 2-6 _____	122
Anzahl der Health-Tech-Unicorns nach Ländern und Regionen 2021		Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes 2017–2019	
Box B 4-4 _____	103	Abb. C 3-1 _____	124
Findata		Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2018 in Prozent	
Abb. C 1-1 _____	114		
Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten Ländern 2020 in Prozent			

Abb. C 3-2 _____	124	Tab. C 6-2 _____	133
Innovationsintensität in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2010–2020 in Prozent		Anzahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie in ausgewählten Ländern 2019	
Abb. C 3-3 _____	125	Abb. C 6-3 _____	134
Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2010–2020 in Prozent		Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich hochwertige Technologie 1997–2019	
Abb. C 3-4 _____	125	Abb. C 6-4 _____	134
Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate 2011 und 2021		Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich Spitzentechnologie 1997–2019	
Abb. C 4-1 _____	127	Abb. C 7-1 _____	136
Durch den Staat finanzierte FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2018 in Prozent		Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen 2010 und 2020 in Prozent	
Abb. C 4-2 _____	127	Abb. C 7-2 _____	136
Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2019 und 2020 in Prozent		Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2010 und 2018 als Indexwerte	
Abb. C 4-3 _____	128	Abb. C 7-3 _____	137
Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland 2010–2020 in Milliarden Euro		Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2010 und 2018 als Indexwerte	
Abb. C 5-1 _____	130	Tab. C 8-1 _____	139
Gründungsraten in ausgewählten Ländern 2019 in Prozent		Komparative Vorteile im Außenhandel mit FuE-intensiven Gütern in ausgewählten Ländern 2005–2020 als Indexwerte	
Abb. C 5-2 _____	130	Abb. C 8-2 _____	139
Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2010–2020 in Prozent		Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung in ausgewählten Ländern 2010 und 2019 in Prozent	
Abb. C 5-3 _____	131	Abb. C 8-3 _____	140
Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2010–2020 in Prozent		Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2019 in Milliarden Euro	
Abb. C 5-4 _____	131	Abb. C 8-4 _____	140
Gründungsraten nach Bundesländern 2018–2020 in Prozent		Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2010–2020 in Millionen	
Abb. C 6-1 _____	133		
Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern 1997–2019			

D 2 Abkürzungsverzeichnis

5G	fünfte Generation des Mobilfunks
AMIA	American Medical Informatics Association
API	Application Programming Interface
Äq.	Äquivalent
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
BA	Bundesagentur für Arbeit
BAföG	Bundesausbildungsförderungsgesetz
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEV	Battery Electric Vehicle
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CCfD	Carbon Contracts for Difference
CIS	Community Innovation Survey
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CPC	Cooperative Patent Classification
CWS	Center für Wirtschaftspolitische Studien
DAC	Direct Air Capture
DATI	Deutsche Agentur für Transfer und Innovation
DESI	Digital Economy and Society Index
DGA	Data Governance Act
DICE	Düsseldorf Institute for Competition Economics
DiGA	Digitale Gesundheitsanwendungen
DIH	Data Intelligence Hub
DMA	Digital Markets Act
DMP	Dossier Médical Partagé
DNG	Datennutzungsgesetz
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
DSS	Dynamic Spectrum Sharing
DVG	Digitale-Versorgung-Gesetz

DZHW-ICE	Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH – Information, Controlling, Entscheidung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation
EGovG	E-Government-Gesetz
EIF	European Investment Fund
ELGA	Elektronische Gesundheitsakte
ePA	Elektronische Patientenakte
EPA	Europäisches Patentamt
EPO	European Patent Office
ERP	European Recovery Program
ERT	European Round Table for Industry
ESG	European Standards and Guidelines
EU	Europäische Union, European Union
EU-27	Mitgliedstaaten der Europäischen Union
EU ETS	European Union Emissions Trading System
EU KLEMS	EU Level Analysis of Capital, Labour, Energy, Materials and Service inputs
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
Eurostat-NA	Eurostat National Accounts
Eurostat-SBS	Eurostat Structural Business Statistics
EXIST	EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft
F&I	Forschung und Innovation
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, Reusable
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FuE	Forschung und Entwicklung
Fzg	Fahrzeug
Gbit/s	Gigabit/Sekunde
GFF	German Future Fund
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GPT	General Purpose Technology
GSB	Government Site Builder
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften
HEV	Hybrid Electric Vehicle
HG	Haushaltsgesetz
HTS	Hightech-Strategie
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
IDC	International Data Corporation
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik/ -technologie
IoT	Internet of Things
IPC	International Patent Classification
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCEI	Important Project of Common European Interest
ISCED	International Standard Classification of Education
ISI	(Fraunhofer-)Institut für System- und Innovationsforschung
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie/-technik

IW	Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KET	Key Enabling Technology
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KI	Künstliche Intelligenz
KIM	Kommunikation im Medizinwesen
KMK	Kultusministerkonferenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LFP	Lithium Ferro Phosphate
LNMO	Lithium Nickel Manganese Oxide
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carriers
MII	Medizininformatik-Initiative
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik
MIP	Mannheimer Innovationspanel
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSTI	Main Science and Technology Indicators
MUP	Mannheimer Unternehmenspanel
NACE	Nomenclature Statistique des Activités Économiques dans la Communauté Européenne
NFDI	Nationale Forschungsdateninfrastruktur
NKR	Nationaler Normenkontrollrat
NMC	Nickel Mangan Cobalt Oxide
NO _x	Stickoxide, Stickstoffoxide
NUB	Neue Untersuchungs- und Behandlungsmethode
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OECD-NA	OECD National Accounts
OECD-SBS	OECD Structural Business Statistics
OECD-STAN	OECD Structural Analysis Database
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OZG	Onlinezugangsgesetz
P2B	Platform-to-Business
PATSTAT	Patent Statistical Database
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PCT	Patent Cooperation Treaty
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PM	Particulate Matter
PSI	Public Sector Information
R&D	Research and Development
RCA	Revealed Comparative Advantage
RoW	Rest of the World
RPA	Relativer Patentanteil
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 2
SDG	Sustainable Development Goal
SNOMED-CT	Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms
SprinD	Bundesagentur für Sprunginnovationen
SUS	Strukturelle Unternehmensstatistik
SV	Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
SVR	Sachverständigenrat (zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung)
Syn.	Synthetisch

TCO	Total Cost of Ownership
THG	Treibhausgase
TI	Telematikinfrastruktur
TU	Technische Universität
UBA	Umweltbundesamt
UN Comtrade	United Nations Commodity and Trade
USPTO	United States Patent and Trademark Office
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.
VZBV	Verbraucherzentrale Bundesverband
WIPO	World Intellectual Property Organisation
WoS	Web of Science
WZ	Wirtschaftszweige
ZB	Zeitschriftenspezifische Beachtung
ZEW	ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

D 3 Glossar

Autonomes Fahren

Autonomes Fahren bedeutet das selbstständige, zielgerichtete Fahren eines Fahrzeugs im realen Verkehr, ohne Eingreifen einer Person vor Ort.

Big Data

Der Begriff Big Data fasst technologische Entwicklungen im Bereich der Datenhaltung und -verarbeitung zusammen, die es ermöglichen, immer größere Datenmengen unterschiedlichster Formate zu integrieren und in immer kürzerer Zeit zu verarbeiten. Big Data bietet die Chance, die exponentiell steigenden Datenvolumina, die durch die zunehmende Ubiquität („Allgegenwart“) von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) hervorgerufen werden, weiterhin zu beherrschen und vor allem wertschöpfend einzusetzen.

Biomasse

Biomasse besteht aus Stoffen, die von Lebewesen erzeugt bzw. in ihnen gebunden werden. Von Biomasse im Sinne der Energietechnik spricht man, wenn tierische und pflanzliche Erzeugnisse zur Gewinnung von Heizenergie, von elektrischer Energie und als Kraftstoffe verwendet werden können.

Brennstoffzellen

Brennstoffzellen wandeln die Energie aus der chemischen Reaktion von z. B. Wasserstoff mit Sauerstoff in elektrische Energie um.

Bruttoinlandsprodukt

Als Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezeichnet man den Wert aller erstellten Güter und Dienstleistungen einer Volkswirtschaft innerhalb eines Jahres. Das BIP ist ein Indikator für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft im internationalen Vergleich.

Bundesausbildungsförderungsgesetz (BAföG)

Das Bundesausbildungsförderungsgesetz (BAföG) regelt die individuelle Förderung der Ausbildung von Schülern und Studenten durch die öffentliche Hand.

CO₂-Grenzausgleich

Ein CO₂-Grenzausgleich soll eine Verlagerung CO₂-intensiver Produktionen ins Ausland verhindern. CO₂-intensive Importe werden hierzu mit einer CO₂-Steuer belegt oder es müssen für sie Emissionszertifikate erworben werden. Die Höhe der Steuerzahlung bzw. die Anzahl der Zertifikate richtet sich nach den bei der Produktion entstandenen Emissionen. Die Wettbewerbsfähigkeit CO₂-armer inländischer Industrie kann auf diese Weise erhalten werden.

Community Innovation Survey (CIS)

Der Community Innovation Survey (CIS) ist eine Innovationserhebung in der Europäischen Union, die seit dem Jahr 1993 regelmäßig nach einem einheitlichen methodischen Standard durchgeführt wird.

Datenintermediäre

Bei Datenintermediären handelt es sich um Anbieter, die Dienste zur Datenteilung, z. B. zwischen Unternehmen, anbieten. Solche Dienste umfassen beispielsweise die Einrichtung von Plattformen (Datenmarktplätzen) zum Austausch oder zur gemeinsamen Verwertung von Daten oder die Einrichtung der technischen Infrastruktur für die Vernetzung von Dateneignern und -nutzern.

Datenportabilität

Datenportabilität im Kontext digitaler Plattformen beschreibt die Möglichkeit, dass Akteure ihre Daten von einer auf eine andere Plattform übertragen.

Datenräume

Datenräume sind gemeinsame und vertrauenswürdige Transaktionsräume, über die Daten von verschiedenen Akteursgruppen dezentral bereitgestellt und gemeinsam genutzt werden.

Direct Air Capture (DAC)

Direct Air Capture bezeichnet das Entziehen und Abscheiden von CO₂ (und möglicherweise auch weiteren Treibhausgasen) direkt aus der Atmosphäre

mit dem Ziel, dieses zu speichern oder für weitere Anwendungen nutzbar zu machen. Insbesondere soll es dieser Prozess in Zukunft ermöglichen, die Menge an CO₂ aus diffusen Emissionsquellen zu reduzieren.

Early Stage

Early Stage beschreibt die Finanzierung der Frühphasenentwicklung eines Unternehmens, angefangen mit der Finanzierung der Forschung und Produktkonzeption (Seed-Phase) über die Unternehmensgründung bis hin zum Beginn der operativen Geschäftstätigkeit einschließlich Produktentwicklung und erster Vermarktung (Start-up-Phase). Die Seed-Phase begrenzt sich auf Forschung und Entwicklung (FuE) bis zur Ausreifung und ersten Umsetzung einer Geschäftsidee mit einem Prototyp, während innerhalb der Start-up-Phase ein Businessplan entworfen wird sowie der Produktionsstart und die Produktvermarktung erfolgen.

EEG-Umlage

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) regelt die EEG-Umlage, die der Finanzierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien dient. Zur Deckung des Fehlbetrags, der sich aus der Differenz zwischen den Einnahmen aus dem Verkauf von Strom aus erneuerbaren Energien (EE-Strom) an der Börse und den Ausgaben durch die gesetzlich festgelegte Einspeisevergütung (vgl. dort) ergibt, erheben die Übertragungsnetzbetreiber von jedem Elektrizitätsversorgungsunternehmen, das Letztverbraucher beliefert, je Kilowattstunde Strom einen Geldbetrag – die sogenannte EEG-Umlage.

Einspeisevergütung

Die Einspeisevergütung ist eine gesetzlich festgelegte Vergütung, die Stromerzeuger für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien (EE-Strom) in das öffentliche Netz erhalten.

EXIST-Programm

Das BMWi fördert mit dem im Jahr 1998 gestarteten Programm „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“ Gründungsaktivitäten an Hochschulen sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen.

Foresight-Prozesse

Foresight-Prozesse dienen der längerfristigen Vorausschau im Hinblick auf technologische und gesellschaftliche Veränderungen.

Forschung und Entwicklung (FuE)

Forschung und Entwicklung (FuE) wird nicht synonym mit Forschung und Innovation (F&I) (vgl. dort) verwendet. Das sogenannte Frascati-Handbuch (vgl. dort) der OECD definiert FuE als systematische, schöpferische Arbeit zur Erweiterung des Kenntnisstandes – auch mit dem Ziel, neue Anwendungen zu finden. Der Begriff FuE umfasst die drei Bereiche Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung.

Forschung und Innovation (F&I)

Forschung und Innovation (F&I) wird nicht synonym mit Forschung und Entwicklung (FuE, vgl. dort) verwendet. FuE stellt nur einen Teilaspekt der F&I-Aktivitäten dar. Innovationen beinhalten gemäß der Definition im Oslo-Handbuch der OECD die Einführung von neuen oder wesentlich verbesserten Produkten (Gütern und Dienstleistungen) oder Prozessen.

Frascati-Handbuch

Das sogenannte Frascati-Handbuch der OECD enthält methodische Vorgaben für die Erhebung und Analyse von Daten zu Forschung und Entwicklung. Im Jahr 1963 trafen sich erstmals Experten der OECD mit Mitgliedern der NESTI-Gruppe (National Experts on Science and Technology Indicators) in Frascati, Italien, um wesentliche Begriffe wie Forschung und Entwicklung zu definieren. Das Resultat dieser Gespräche wurde als erstes Frascati-Handbuch bekannt. Seither ist das Frascati-Handbuch mehrmals überarbeitet worden. Die jüngste Ausgabe stammt aus dem Jahr 2015.

FuE-Intensität

Als FuE-Intensität bezeichnet man den Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE, vgl. dort) am Umsatz eines Unternehmens oder einer Branche bzw. am Bruttoinlandsprodukt eines Landes.

FuE-intensive Güter

FuE-intensive Güter setzen sich zusammen aus Gütern der Spitzentechnologie (vgl. dort) und Gütern der hochwertigen Technologie (vgl. dort).

FuE-intensive Industrie

Die FuE-intensive Industrie umfasst die Branchen der Spitzentechnologie (vgl. dort) und die Branchen der hochwertigen Technologie (vgl. dort).

GAIA-X

Bei dem vom BMWi im Oktober 2019 initiierten Projekt GAIA-X handelt es sich um ein europäisches Plattformökosystem, das für einheitliche technische Schnittstellen sowie Standards für Datenschutz und IT-Sicherheit sorgt, auf deren Basis Akteure Daten sicher austauschen und sich international vernetzen können.

Gebündelter Bedarfsverkehr

Gebündelter Bedarfsverkehr ist laut Personenbeförderungsgesetz die Beförderung von Personen mit Personenkraftwagen, bei der mehrere Beförderungsaufträge entlang ähnlicher Wegstrecken gebündelt ausgeführt werden.

Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW)

Zentrales Instrument der Regionalpolitik in Deutschland ist die Bund-Länder-Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW). Seit 1969 nimmt der Bund im Rahmen der GRW seine Mitverantwortung für eine ausgewogene regionale Entwicklung in Deutschland wahr. Die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern in der GRW ist verfassungsrechtlich in Artikel 91a Grundgesetz geregelt und im Gesetz über die GRW konkretisiert.

Governance

Governance bezeichnet das Steuerungs- und Regelungssystem im Sinne von Strukturen (Aufbau- und Ablauforganisation) einer politisch-gesellschaftlichen Einheit wie Staat, Verwaltung, Gemeinde, privaten oder öffentlichen Organisationen. Häufig wird der Begriff auch im Sinne von Steuerung oder Regelung einer jeglichen Organisation (etwa einer Gesellschaft oder eines Betriebes) verwendet.

Greenwashing

Unter Greenwashing versteht man den Versuch, sich ein unberechtigtes „grünes Image“ aufzubauen. Man suggeriert damit Nachhaltigkeit oder Umweltfreundlichkeit, obwohl dies nur teilweise oder gar nicht gerechtfertigt ist.

Gründungsrate

Als Gründungsrate wird die Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand bezeichnet.

Hardcore-Vereinbarungen

Zu den Hardcore-Vereinbarungen zählen Vereinbarungen, die gegen das Kartellrecht verstoßen, z. B.

Preis- oder Mengenabsprachen oder Vereinbarungen über die Aufteilung von Märkten.

Hightech-Strategie (HTS)

Die Hightech-Strategie (HTS) war in den vergangenen vier Legislaturperioden der Politikansatz der Bundesregierung zur Integration der Innovationsförderung über alle Bundesministerien hinweg. In jeder dieser Legislaturperioden wurde ein Strategiepapier vorgelegt. Die Hightech-Strategie 2025 war das Strategiepapier der letzten Legislaturperiode und wurde im September 2018 vom Bundeskabinett beschlossen.

Hochwertige Technologie

Als Güter der hochwertigen Technologie werden diejenigen FuE-intensiven Güter (vgl. dort) bezeichnet, bei deren Herstellung jahresdurchschnittlich mehr als 3 Prozent, aber nicht mehr als 9 Prozent des Umsatzes für Forschung und Entwicklung ausgegeben werden.

Infant Industries

Infant Industries sind junge Industrien bzw. neue Wirtschaftszweige innerhalb einer Volkswirtschaft. Diese sind in ihren frühen Entwicklungsstadien zu meist noch nicht in der Lage, mit bereits etablierten Wettbewerbern in anderen Volkswirtschaften zu konkurrieren.

Inkrementelle Innovation

Eine Innovation durch Verbesserung eines bestehenden Produktes bezeichnet man als inkrementell. Im Gegensatz dazu bezeichnet die radikale Innovation (vgl. dort) grundlegende Neuerungen, die zu völlig neuen Produktkonzepten und technischen Lösungen führen.

Innovationsausgaben

Innovationsausgaben umfassen sämtliche FuE-Ausgaben (interne plus externe) sowie weitere interne und externe Ausgaben, die zur Umsetzung von Innovationsvorhaben erforderlich sind. Hierzu gehören beispielsweise konzeptionelle Arbeiten, Produktionsvorbereitung, Marktforschung und Marketingkonzepte, Weiterbildung sowie der Erwerb von Sachanlagen für Innovationen.

Innovationsintensität

Die Innovationsintensität beschreibt die Innovationsausgaben relativ zum Umsatz der Unternehmen in einem entsprechenden Jahr.

Interoperabilität

Unter Interoperabilität versteht man die Fähigkeit eines Systems, mit anderen Systemen ohne Zugriffsbeschränkungen oder weitere Barrieren zu interagieren und sinnerhaltend Informationen auszutauschen.

Klubgut

Bei einem Klubgut handelt es sich um ein Gut, das durch Nicht-Rivalität in der Nutzung und Ausschließbarkeit von der Nutzung gekennzeichnet ist.

Komparative Vorteile

Komparative Vorteile bestimmen die Einbindung einer Volkswirtschaft in den Außenhandel. Dabei ist die Vorteilhaftigkeit des Handels abhängig von den relativen Herstellungskosten der Güter. Wenn Volkswirtschaft A für die Herstellung eines Gutes auf weniger Einheiten eines anderen Gutes verzichten muss als eine andere Volkswirtschaft, dann hat Volkswirtschaft A einen komparativen Vorteil in der Herstellung dieses Gutes.

Künstliche Intelligenz (KI)

Man unterscheidet zwischen symbolischer und neuronaler KI. Die symbolische KI beruht auf dem Konzept, Regeln zu entwickeln, die es ermöglichen, aus Eingabewerten eine Schlussfolgerung zu ziehen. Im Gegensatz dazu resultieren in der neuronalen KI diese Regeln aus einem Abgleich von Eingabewerten und Schlussfolgerungen. Somit handelt es sich bei symbolischer KI um ein deduktives System, während neuronale KI ein induktives System ist.

Ladeinfrastruktur

Hier sind die Infrastrukturen zum Laden von Elektrofahrzeugen gemeint. Dazu zählen u. a. der Auf- und Ausbau von Schnellladesäulen an der Autobahn mit Anschluss an ein Mittelspannungsnetz sowie von E-Tankstellen und privaten Ladesäulen.

Leistungsplansystematik

Die Leistungsplansystematik des Bundes ordnet die Forschungsausgaben des Bundes verschiedenen Kategorien zu.

Lock-in-Effekt

Ein Lock-in-Effekt (abgeleitet vom englischen Begriff to lock in: einschließen, einsperren) liegt vor, wenn die Kosten eines möglichen Systemwechsels, etwa von einer Plattform zu einer anderen, den dabei zu erwartenden Zusatznutzen übersteigen.

Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Als motorisierten Individualverkehr (MIV) bezeichnet man die Fortbewegung von Personen mit einem motorisierten Verkehrsmittel in eigener Verfügung. Die Nutzung von Personenkraftwagen sowohl als Fahrer als auch als Mitfahrer fällt unter den MIV.

Multi-Cloud

Eine Multi-Cloud beschreibt die Nutzung mehrerer Cloud-Computing-Dienste in einer einzigen heterogenen Architektur. Die Cloud-Lösungen werden über mehrere Cloud-Anbieter und Cloud-Umgebungen verteilt. Eine typische Multi-Cloud-Architektur zielt darauf ab, die Abhängigkeit von einem einzelnen Cloud-Anbieter zu vermeiden.

Multihoming

Als Multihoming wird die Möglichkeit bezeichnet, dass Akteure verschiedene Plattformen gleichzeitig nutzen können.

Nationale Wasserstoffstrategie

Die im Juni 2020 verabschiedete Nationale Wasserstoffstrategie dient als Handlungsrahmen für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und Weiterverwendung von Wasserstoff. Darin werden auch die Schritte definiert, die notwendig sind, um zur Erreichung der Klimaziele beizutragen und neue Wertschöpfungsketten für die deutsche Wirtschaft zu schaffen.

Negativemissionen

Negativemissionen entstehen durch die Entnahme von Treibhausgasen direkt aus der Atmosphäre. Die Konzepte reichen hier von natürlichen Ansätzen wie Wiederaufforstung bis zu rein technischen Prozessen, wie der Verbindung von Direct-Air-Capture-Technologien (vgl. dort) mit anschließender Speicherung des gebundenen CO₂.

Netzwerkeffekte

Netzwerkeffekte treten auf, wenn der individuelle Nutzen einer Aktivität oder eines Produkts von der Anzahl der Akteure abhängt, die ebenso diese Aktivität betreiben oder dieses Produkt konsumieren. Man unterscheidet direkte und indirekte sowie positive und negative Netzwerkeffekte.

Neue Missionsorientierung

Die Neue Missionsorientierung ist ein Ansatz der F&I-Politik, der auf die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen gerichtet ist und auf einen transformativen Wandel in Wirtschaft

und Gesellschaft abzielt. Dazu werden sogenannte Missionen formuliert, die konkrete Transformationsziele spezifizieren und durch F&I-Projekte sowie politische Maßnahmen und Rahmensetzungen umgesetzt werden sollen.

(Nicht-substituierbare) Komplementarität

Komplementarität beschreibt aus ökonomischer Perspektive die Idee, dass zwei Dinge sich ergänzen und gemeinsam einen höheren Mehrwert schaffen als die Summe der Werte, wenn die beiden einzeln genutzt werden. Nicht-substituierbare Komplementarität bedeutet, dass die Dinge, die sich zu einem höheren Mehrwert ergänzen, nicht durch Alternativen ersetzt werden können.

One-Stop-Shop

Als One-Stop-Shop wird in der öffentlichen Verwaltung sowie in der Wirtschaft die Möglichkeit bezeichnet, alle zur Erreichung eines Zieles notwendigen administrativen Schritte gebündelt an einer einzigen Stelle durchzuführen.

Oslo-Handbuch

Das Oslo-Handbuch der OECD enthält Vorgaben für die statistische Erfassung von Innovationsaktivitäten. Dabei geht dieses Handbuch über den FuE-Begriff des Frascati-Handbuchs (vgl. dort) hinaus und differenziert zwischen unterschiedlichen Formen von Innovationen. Das Oslo-Handbuch ist die Grundlage der Community Innovation Surveys, die in Europa bisher viermal durchgeführt wurden. Die jüngste Überarbeitung des Oslo-Handbuchs stammt aus dem Jahr 2018.

Patent Cooperation Treaty (PCT)

1970 wurde mit Abschluss des Patent Cooperation Treaty (PCT) unter dem Dach der 1969 gegründeten World Intellectual Property Organization (WIPO) das Verfahren zur Anmeldung internationaler Patentansprüche vereinfacht. Erfinder aus PCT-Staaten können bei der WIPO eine Voranmeldung einreichen und binnen eines Jahres einen Patentantrag in den einzelnen Vertragsstaaten stellen, wobei als Prioritätsdatum der Zeitpunkt der Einreichung bei der WIPO gewertet wird.

Portfolio

Allgemein versteht man unter einem Portfolio eine Zusammenstellung von Dingen innerhalb einer Kategorie.

Programmfamilie „Innovation und Strukturwandel“

Mit den Programmen der Programmfamilie „Innovation und Strukturwandel“ unterstützt das BMBF die Stärkung von regionalen Innovationspotenzialen in strukturschwachen Regionen. Die Programmfamilie ist ein Element des gesamtdeutschen Fördersystems für strukturschwache Regionen.

Public Health

Public Health ist definiert als die Wissenschaft und die Praxis der Verhinderung von Krankheiten, Verlängerung des Lebens und Förderung der Gesundheit durch organisierte Anstrengungen der Gesellschaft. Sie umfasst u. a. die Bereiche der Prävention, der zielgruppengenaue Gesundheitsforschung sowie der Versorgungsforschung.

Radikale Innovation

Eine radikale Innovation ist eine grundlegende Neuerung, die zu völlig neuen Produktkonzepten, technischen Lösungen oder Dienstleistungen führt. Im Gegensatz dazu bezeichnet inkrementelle Innovation (vgl. dort) die Verbesserung eines bestehenden Produktes oder Prozesses.

Reboundeffekte

In der Energieökonomik bezeichnet ein Reboundeffekt die Besonderheit, dass erwartete Energieeinsparungen durch Effizienzsteigerungen nicht vollumfänglich eintreten. Verhaltensanpassungen an die Effizienzsteigerungen führen dazu, dass die Einsparungen geringer als erwartet ausfallen.

Regierungsprogramm Elektromobilität

Das 2011 verabschiedete Regierungsprogramm Elektromobilität bündelt die Maßnahmen der Bundesregierung im Bereich Elektromobilität mit dem Ziel, Deutschland zu einem Leitanbieter und Leitmarkt in diesem Bereich zu entwickeln.

Schuldenbremse

Als Schuldenbremse wird die in Artikel 109 Grundgesetz verankerte Regelung bezeichnet, die vorsieht, dass die Haushalte von Bund und Ländern grundsätzlich ohne Einnahmen aus Krediten auszugleichen sind.

Skaleneffekte

Skaleneffekte bezeichnen Größenvorteile, die darin zum Ausdruck kommen, dass die Stück- oder Durchschnittskosten mit steigender Produktionsmenge sinken. Diese Effekte treten beispielsweise bei Produktionsprozessen auf, die sich durch hohe

Fixkosten, aber geringe Vervielfältigungskosten oder variable Kosten auszeichnen.

Smart Specialisation

Der Smart-Specialisation-Ansatz wurde im Rahmen der Kohäsionspolitik der Europäischen Kommission entwickelt mit dem Ziel, Strukturwandel hin zu wissens- und innovationsgeleitetem Wachstum zu fördern. Bei diesem standortbezogenen Ansatz geht es darum, aufbauend auf vorhandenen Stärken und Potenzialen einer Region deren chancenreichsten Entwicklungsfelder zu identifizieren.

Soziale Innovationen

Veränderungen in der Nutzung der Technologien sowie Veränderungen von Lebensstilen, Geschäfts- und Finanzierungsmodellen, Arbeitsweisen oder Organisationsformen werden als soziale Innovationen bezeichnet und umfassen grundsätzlich Veränderungen sozialer Praktiken. Soziale Innovationen können sowohl komplementär zu als auch eine Folge von einer technologischen Innovation sein oder aber völlig unabhängig davon.

Spitzentechnologie

Als Güter der Spitzentechnologie werden diejenigen FuE-intensiven Güter (vgl. dort) bezeichnet, bei deren Herstellung jahresdurchschnittlich mehr als 9 Prozent des Umsatzes für Forschung und Entwicklung aufgewendet werden.

Sprunginnovationen

Sprunginnovationen sind Neuerungen, die in Märkten, Organisationen und Gesellschaften weitreichenden Wandel nach sich ziehen und große Wertschöpfungspotenziale eröffnen.

Start-ups

Als Start-ups bezeichnet man junge Unternehmen mit innovativen Geschäftsideen und hohen Wachstumspotenzialen.

Sustainable Development Goals (SDGs)

Im Jahr 2015 hat die Weltgemeinschaft die Agenda 2030 verabschiedet, die 17 SDGs enthält. Diese sind im Einzelnen: Armut in jeder Form und überall beenden; Ernährung weltweit sichern; Gesundheit und Wohlergehen; hochwertige Bildung weltweit; Gleichstellung von Frauen und Männern; ausreichend Wasser in bester Qualität; bezahlbare und saubere Energie; nachhaltiges Wirtschaften als Chance für alle; Industrie, Innovation und Infrastruktur; weniger Ungleichheiten; nachhaltige

Städte und Gemeinden; nachhaltig produzieren und konsumieren; weltweiten Klimaschutz umsetzen; Leben unter Wasser schützen; Leben an Land; starke und transparente Institutionen fördern; globale Partnerschaft.

Telemedizin

Telemedizin umfasst die medizinische Versorgung über räumliche und zeitliche (asynchrone) Distanzen hinweg sowie allgemeine Versorgungskonzepte zur Erbringung medizinischer Leistungen mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien.

Total Cost of Ownership (TCO)

In der Ressourcenökonomik bewertet die Total Cost of Ownership (TCO) den unmittelbaren Ressourcenverbrauch bei der Herstellung, der Nutzung und der Entsorgung eines Produkts über die gesamte Lebensdauer zu Marktpreisen. Steuern, Abgaben und Subventionen gehen nicht in die Rechnung ein, da sie aus volkswirtschaftlicher Perspektive lediglich Transfers zwischen Haushalten, Unternehmen und Staat darstellen.

Transnationale Patentanmeldungen

Transnationale Patentanmeldungen sind Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren (vgl. dort) oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt. Für die exportorientierte deutsche Wirtschaft sind solche Patente von besonderer Bedeutung, weil sie den Schutz der Erfindung auch jenseits des Heimatmarktes betreffen.

Treibhausgase (THG)

Treibhausgase (THG) sind Gase, die in der Erdatmosphäre durch den Treibhauseffekt eine Wirkung auf die Temperatur auf der Erdoberfläche entfalten.

Verarbeitendes Gewerbe

Das Verarbeitende Gewerbe ist der weitaus größte Teil des industriellen Sektors, der alle Industriebranchen mit Ausnahme der Energiewirtschaft und des Baugewerbes umfasst. Prägende Branchen sind etwa das Ernährungsgewerbe, der Maschinenbau, die Herstellung von Kraftwagen/Kraftwagenteilen, die Herstellung von Metallerzeugnissen oder die chemische Industrie.

Verbundeffekte

Von Verbundeffekten spricht man, wenn zwischen Entscheidungsbereichen (z. B. Aktivitäten auf verschiedenen Märkten) gegenseitige Abhängigkeiten vorliegen, die sich auf den Gesamterfolg auswirken.

Vormarktlischer und marktlicher Bereich

Der vormarktlische Bereich beschreibt im Vergleich zum marktlichen Bereich die frühen Phasen einer Innovation, in denen die Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass sie bereits auf dem Markt eingeführt wurde. Der marktliche Bereich bezeichnet dementsprechend die Entwicklungsphasen einer Innovation, die bereits weiter fortgeschritten sind.

Wagniskapital

Unter Wagnis- oder Risikokapital, auch Venturecapital genannt, versteht man das Startkapital für Existenzgründende und junge Unternehmen. Dazu zählen auch Mittel, die zur Stärkung der Eigenkapitalbasis kleinerer und mittlerer Unternehmen eingesetzt werden, damit diese expandieren und innovative, teilweise mit hohem Risiko behaftete Projekte realisieren können. Für die Kapitalgebenden ist die Investition von Wagniskapital ebenfalls mit hohem Risiko behaftet, daher der Begriff Risikokapital. Beteiligungskapital in Form von Wagniskapital wird oftmals von speziellen Risikokapitalgesellschaften (Kapitalbeteiligungsgesellschaften) zur Verfügung gestellt. Man unterscheidet die Phasen Seed, Start-up und Later Stage.

Wertschöpfung

Wertschöpfung ist die Summe aller in einer Periode entstandenen Faktoreinkommen (Löhne, Gehälter, Zinsen, Mieten, Pachten, Vertriebsgewinne) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und entspricht dem Volkseinkommen (Sozialprodukt). Im betrieblichen Sinne beinhaltet Wertschöpfung den Produktionswert je Periode abzüglich der in dieser Periode von anderen Unternehmen empfangenen Vorleistungen.

Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfungskette beschreibt den Herstellungsprozess eines Produktes anhand der Tätigkeiten, die es vom Ausgangsmaterial bis zur Verwendung durchläuft. Zu den Stufen in dem Prozess zählen beispielsweise interne Logistik, Produktion, externe Logistik, Marketing und Verkauf sowie Service. Die Stufen können dabei arbeitsteilig organi-

siert und von verschiedenen Unternehmen übernommen werden.

Winner-takes-all-Effekt

Der Winner-takes-all-Effekt beschreibt eine Marktentwicklung, bei der am Ende nur ein Anbieter auf dem Markt verbleibt. Netzwerk- und Skaleneffekte (vgl. dort) können diese Entwicklung hervorrufen.

Wissensintensive Dienstleistungen

Wissensintensive Dienstleistungen zeichnen sich im Wesentlichen dadurch aus, dass der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss überdurchschnittlich groß ist.

Wissenswirtschaft

Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien (vgl. dort) und die wissensintensiven Dienstleistungen (vgl. dort).

Zukunftsfonds

Um den Wagniskapitalmarkt in Deutschland zu stärken und die Finanzierungssituation von Start-ups (vgl. dort) zu verbessern, hat die Bundesregierung mit der Verabschiedung des Haushaltsgesetzes 2021 die Voraussetzungen für den sogenannten Zukunftsfonds geschaffen. Bei diesem geht es insbesondere darum, die Finanzierungsmöglichkeiten in der kapitalintensiven Skalierungsphase von Start-ups zu stärken. Bisher umfasst der modular aufgebaute Zukunftsfonds die ERP/Zukunftsfonds-Wachstumsfazilität, die GFF/EIF-Wachstumsfazilität, den DeepTech Future Fonds sowie den Wachstumsfonds.

Zukunftstechnologie

Eine Zukunftstechnologie ist eine Technologie, die eine für den Markt hohe Relevanz aufweist und über ein für die Zukunft hohes Wachstumspotenzial verfügt.

Zukunftsvertrag Studium und Lehre stärken

Beim „Zukunftsvertrag Studium und Lehre stärken“ handelt es sich um eine Bund-Länder-Vereinbarung, die auf eine flächendeckend hohe Qualität von Studium und Lehre, gute Studienbedingungen in der Breite der deutschen Hochschullandschaft sowie den bedarfsgerechten Erhalt von Studienkapazitäten abzielt.

D 4 Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen⁴⁸³

FuE-intensive Industriezweige WZ 2008 (4-stellige Klassen)

Spitzentechnologie

- 20.20 Herstellung von Schädlingsbekämpfung-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln
- 21.10 Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen
- 21.20 Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen
- 25.40 Herstellung von Waffen und Munition
- 26.11 Herstellung von elektronischen Bauelementen
- 26.20 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten
- 26.30 Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
- 26.51 Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- und ähnlichen Instrumenten und Vorrichtungen
- 26.60 Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten
- 26.70 Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten
- 29.31 Herstellung von elektrischen und elektronischen Ausrüstungsgegenständen für Kraftwagen
- 30.30 Luft- und Raumfahrzeugbau
- 30.40 Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen

Hochwertige Technologie

- 20.13 Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien
- 20.14 Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien
- 20.52 Herstellung von Klebstoffen
- 20.53 Herstellung von etherischen Ölen
- 20.59 Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen anderweitig nicht genannt
- 22.11 Herstellung und Runderneuerung von Bereifungen
- 22.19 Herstellung von sonstigen Gummiwaren
- 23.19 Herstellung, Veredlung und Bearbeitung von sonstigem Glas einschließlich technischer Glaswaren
- 26.12 Herstellung von bestückten Leiterplatten
- 26.40 Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
- 27.11 Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren
- 27.20 Herstellung von Batterien und Akkumulatoren
- 27.40 Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten
- 27.51 Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten
- 27.90 Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten anderweitig nicht genannt
- 28.11 Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Motoren für Luft- und Straßenfahrzeuge)
- 28.12 Herstellung von hydraulischen und pneumatischen Komponenten und Systemen

- 28.13 Herstellung von Pumpen und Kompressoren anderweitig nicht genannt
- 28.15 Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen
- 28.23 Herstellung von Büromaschinen (ohne Datenverarbeitungsgeräte und periphere Geräte)
- 28.24 Herstellung von handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb
- 28.29 Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen anderweitig nicht genannt
- 28.30 Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
- 28.41 Herstellung von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung
- 28.49 Herstellung von sonstigen Werkzeugmaschinen
- 28.93 Herstellung von Maschinen für die Nahrungs- und Genussmittelerzeugung und die Tabakverarbeitung
- 28.94 Herstellung von Maschinen für die Textil- und Bekleidungs- und Lederherstellung und die Lederverarbeitung
- 28.95 Herstellung von Maschinen für die Papierherzeugung und -verarbeitung
- 28.99 Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige anderweitig nicht genannt
- 29.10 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren
- 29.32 Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen
- 30.20 Schienenfahrzeugbau
- 32.50 Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien

Wissensintensive gewerbliche Dienstleistungen WZ 2008 (3-stellige Klassen)

Wissensintensive Dienstleistungen

Schwerpunkt Finanzen und Vermögen

- 411 Erschließung von Grundstücken; Bauträger
- 641 Zentralbanken und Kreditinstitute
- 642 Beteiligungsgesellschaften
- 643 Treuhand- und sonstige Fonds und ähnliche Finanzinstitutionen
- 649 Sonstige Finanzierungsinstitutionen
- 651 Versicherungen
- 652 Rückversicherungen
- 653 Pensionskassen und Pensionsfonds
- 661 Mit Finanzdienstleistungen verbundene Tätigkeiten
- 663 Fondsmanagement
- 681 Kauf und Verkauf von eigenen Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen
- 683 Vermittlung und Verwaltung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte
- 774 Leasing von nichtfinanziellen immateriellen Vermögensgegenständen

	<i>Schwerpunkt Kommunikation</i>		<i>Schwerpunkt Medien und Kultur</i>
611	Leitungsgebundene Telekommunikation	581	Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen
612	Drahtlose Telekommunikation	582	Verlegen von Software
613	Satellitentelekommunikation	591	Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos
619	Sonstige Telekommunikation	592	Tonstudios; Herstellung von Hörfunkbeiträgen; Verlegen von bespielten Tonträgern und Musikalien
620	Erbringung von Dienstleistungen der Informations- technologie	601	Hörfunkveranstalter
631	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale	602	Fernsehveranstalter
639	Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen Schwerpunkt technische Beratung und Forschung	741	Ateliers für Textil-, Schmuck-, Grafik- und ähnliches Design
711	Architektur- und Ingenieurbüros	743	Übersetzen und Dolmetschen
712	Technische, physikalische und chemische Untersuchung	823	Messe-, Ausstellungs- und Kongressveranstalter
721	Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin	900	Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten
749	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten, anderweitig nicht genannt	910	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten
	<i>Schwerpunkt nichttechnische Beratung und Forschung</i>		<i>Schwerpunkt Gesundheit</i>
691	Rechtsberatung	750	Veterinärwesen
692	Wirtschaftsprüfung und Steuerberatung; Buchführung	861	Krankenhäuser
701	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben	862	Arzt- und Zahnarztpraxen
702	Public-Relations- und Unternehmensberatung	869	Gesundheitswesen, anderweitig nicht genannt
722	Forschung und Entwicklung im Bereich Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie im Bereich Sprach-, Kultur- und Kunstwissenschaften		
731	Werbung		
732	Markt- und Meinungsforschung		
821	Sekretariats- und Schreibdienste, Copy-Shops		

D5 Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem

Im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation werden regelmäßig Studien zu innovationspolitisch relevanten Themen erarbeitet. Sie sind im Rahmen der Reihe „Studien zum deutschen Innovationssystem“ über die Homepage der EFI (www.e-fi.de) zugänglich. Die Ergebnisse fließen in das Gutachten der Expertenkommission ein.

1-2022

Kerst, C.; Weilage, I.; Gehrke, B. (2022): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

2-2022

Kladroba, A.; Belitz, H.; Lehmann T. (2022): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft. Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

3-2022

Bersch, J.; Berger, M.; Fünér, L. (2022): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2020. Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

4-2022

Neuhäusler, P.; Rothengatter, O. (2022): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

5-2022

Stephen, D.; Stahlschmidt, S. (2022): Performance and Structures of the German Science System 2022. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

6-2022

Schiersch, A.; Ingwersen, K.; Gulden, V.-S. (2022): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

7-2022

Kroll, H.; Berghäuser, H.; Blind, K.; Neuhäusler, P.; Scheifele, F.; Thielmann, A.; Wydra, S. (2022): Schlüsseltechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

8-2022

Sievers, L.; Grimm, A. (2022): Innovationstätigkeit des Automobilssektors – Analyse mit Fokus auf nachhaltigen Antriebstechnologien und Digitalisierung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

9-2022

Wietschel, M.; Biemann, K.; Link, S.; Helms, H. (2022): Langfristige Umweltbilanz und Zukunftspotenzial alternativer Antriebstechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

10-2022

Doll, C.; Krauss, K. (2022): Nachhaltige Mobilität und innovative Geschäftsmodelle. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

11-2022

Büchel, J.; Demary, V.; Engels, B.; Graef, I.; Koppel, O.; Rusche, C. (2022): Innovationen in der Plattformökonomie. Eine ökonomische und rechtliche Analyse. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

12-2022

Bratan, T.; Schneider, D.; Heyen, N.; Pullmann, L.; Friedewald, M.; Kuhlmann, D.; Brkic, N.; Hüsing, B. (2022): E-Health in Deutschland – Entwicklungsperspektiven und internationaler Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

13-2022

Neuhäusler, P.; Rammer, C.; Frietsch, R.; Feidenheimer, A.; Stenke, G.; Kladroba, A. (2022): Neue Liste

FuE-intensiver Güter und Wirtschaftszweige sowie wissensintensiver Wirtschaftszweige 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

14-2022

Rothgang, M.; Dehio, J.; Warnecke, C. (2022): Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft: Mechanismen und Hemmnisse beim Erkenntnis- und Technologietransfer. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

D 6 Literaturverzeichnis

118. Deutscher Ärztetag (2015): Ärztliche Positionen zu Einsatzgebieten telemedizinischer Patientenversorgung. Frankfurt: Bundesärztekammer.
- Abul-Husn, N.; Kenny, E. (2019): Personalized Medicine and the Power of Electronic Health Records. *Cell*. 177(1). S. 58–69.
- acatech und Körber-Stiftung – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Körber-Stiftung (2020): MINT Nachwuchsbareometer 2020. München und Hamburg: acatech und Körber-Stiftung.
- acatech, Körber-Stiftung, Universität Stuttgart – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Körber-Stiftung; ZIRIUS – Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und (2021): Technikradar 2021. Stakeholderperspektiven. München, Hamburg, Stuttgart: acatech, Körber-Stiftung, Universität Stuttgart.
- Acheson, D. (1988): Public Health in England. The Report of the Committee of Inquiry into the Future Development of the Public Health Function. London: The Stationary Office. S. 23–34.
- Agora Verkehrswende (2019): Klimabilanz von strombasierten Antrieben und Kraftstoffen. Berlin: Agora Verkehrswende.
- Agora Verkehrswende (2020): Auto tankt Internet. Auswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens auf den Energieverbrauch von Fahrzeugen, Datenübertragung und Infrastruktur. Berlin: Agora Verkehrswende.
- Agrawal, A.; Gans, J.; Goldfarb, A. (2018): Prediction Machines. The Simple Economics of Artificial Intelligence. Boston, MA: Harvard Business Review Press.
- Anas, A.; Lindsey, R. (2011): Reducing Urban Road Transportation Externalities. *Road Pricing in Theory and in Practice. Review of Environmental Economics and Policy*. 5(1). S. 66–88.
- Anger, C.; Kohlisch, E.; Koppel, O.; Plünnecke, A.; Schüler, R.M. (2020): MINT-Frühjahrsreport 2020. MINT – Schlüssel für ökonomisches Wohlergehen während der Coronakrise und nachhaltiges Wachstum in der Zukunft. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020): Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt. Gefördert mit Mitteln der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Bielefeld: wbv Publikation.
- Bardt, H.; Schmidt, C.M.; Bofinger, P.; Belitz, H.; Gornig, M.; Aiginger, K. (2019): Industriepolitik – ineffizienter staatlicher Eingriff oder zukunftsweisende Option? *Wirtschaftsdienst*. 99(2). S. 87–105.
- Barlovic, I.; Ullrich, D.; Wieland, C. (2021): Ausbildungsperspektiven im zweiten Corona-Jahr. Eine repräsentative Befragung von Jugendlichen 2021. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Battineni, G.; Sagaro, G.; Chintalapudi, N.; Amenta, F. (2021): The Benefits of Telemedicine in Personalized Prevention of Cardiovascular Diseases (CVD). A systematic review. *Journal of Personalized Medicine*. 11(7). S. 658.
- Bekar, C.; Carlaw, K.; Lipsey, R. (2018): General Purpose Technologies in Theory, Application and Controversy. A Review. *Journal of Evolutionary Economics*. 28(5). S. 1005–1033.
- Belleflamme, P.; Peitz, M. (2021): The Economics of Platforms: Concepts and Strategy. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bersch, J.; Berger, M.; Fünser, L. (2022): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2020. Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2022. Berlin: EFI.
- Bertschek, I.; Bonin, H.; Cantner, U.; Häussler, C.; Hölzle, K.; Requate, T. (2021a): Digitalisierung in Deutschland vorantreiben: mit einem Ministerium neuer Prägung. Policy Brief Nr. 2-2021. Berlin: EFI.
- Bertschek, I.; Bonin, H.; Cantner, U.; Häussler, C.; Hölzle, K.; Requate, T. (2021b): F&I-Governance auf dem Prüfstand – Sind Agenturen die Lösung? Policy Brief Nr. 1-2021. Berlin: EFI.
- BfArM – Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (2021): Das Fast-Track-Verfahren für digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA) nach § 139e SGB V. Ein Leitfaden für Hersteller, Leistungserbringer und Anwender. Version 3.0 vom 02.12.2021. Bonn: BfArM.
- Bieker, G. (2021): A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars. 30. Berlin: ICCT – International Council on Clean Transportation Europe.
- BITKOM (2020): Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechts. Berlin: BITKOM.
- BKK Dachverband e.V. (2022): DiGA-Bericht – Vor allem Frauen nutzen digitale Gesundheitsanwendungen: Pressemitteilung vom 03.01.2022.
- Blind, K. (2002): Normen als Indikatoren für die Diffusion neuer Technologien. Endbericht für das BMBF. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt. Rahmenprogramm der Bundesregierung. Bonn: BMBF.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021a): Technologisch souverän die Zukunft gestalten. BMBF-Impulspapier zur technologischen Souveränität. Bonn, Berlin: BMBF.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021b): Rat für technologische Souveränität nimmt Arbeit auf. Pressemitteilung vom 02.09.2021.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021c): Bekanntmachung der Richtlinie zur Förderung von Forschung zur „Elektronik und Softwareentwicklungsmethoden für die Digitalisierung der Automobilität (MANNHEIM)“. Pressemitteilung vom 09.11.2021.
- BMF – Bundesministerium der Finanzen (2021a): 28. Subventionsbericht des Bundes. 2019–2022. Berlin: BMF.

- BMF – Bundesministerium der Finanzen (2021b): Vorläufiger Abschluss des Bundeshaushalts 2020. Monatsbericht des BMF. Januar 2021. Berlin: BMF.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021): Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2021). Erhebung der atene KOM im Auftrag des BMVI. Berlin: BMVI.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019): Industriestrategie 2030. Leitlinien für eine deutsche und europäische Industriepolitik. Berlin: BMWi.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): GAIA-X: Policy Rules and Architecture of Standards. Berlin: BMWi.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a): Ein CO₂-Grenzausgleich als Baustein eines Klimaclubs. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin: BMWi.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b): IPCEI – gemeinsam, europäisch und hoch innovativ. Die "wichtigen Vorhaben im gemeinsamen europäischen Interesse" (IPCEI) treiben Investitionen in Zukunftstechnologien voran. Berlin: BMWi.
- Bourreau, M.; de Stree, A. (2019): Digital Conglomerates and EU Competition Policy.
- Bratan, T.; Schneider, D.; Heyen, N.; Pullmann, L.; Friedewald, M.; Kuhlmann, D.; Brkic, N.; Hüsing, B. (2022): E-Health in Deutschland – Entwicklungsperspektiven und internationaler Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 12-2022. Berlin: EFI.
- Bronsert, M.; Henderson, W.; Valuck, R.; Hosokawa, P.; Hammermeister, K. (2013): Comparative Effectiveness of Antihypertensive Therapeutic Classes and Treatment Strategies in the Initiation of Therapy in Primary Care Patients. A Distributed Ambulatory Research in Therapeutics Network (DARTNet) Study. *The Journal of the American Board of Family Medicine*. 26(5). S. 529–538.
- Brynjolfsson, E.; Hitt, L.M.; Kim, H.H. (2011): Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance? SSRN Electronic Journal.
- BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2019): Qualifizierte APT-Response Dienstleister im Sinne § 3 BSIG. Bonn: BSI.
- BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020): Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2020. Bonn: BSI.
- BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2021): Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2021. Bonn: BSI.
- Buchal, C.; Karl, H.-D.; Sinn, H.-W. (2019): Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren. Was zeigt die CO₂-Bilanz? ifo Schnelldienst. 72(08). S. 40–54.
- Büchel, J.; Demary, V.; Engels, B.; Goecke, H.; Rusche, C. (2020): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Methodik des Digitalisierungsindex. Eine Studie im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin: BMWi.
- Büchel, J.; Demary, V.; Engels, B.; Graef, I.; Koppel, O.; Rusche, C. (2022): Innovationen in der Plattformökonomie. Eine ökonomische und rechtliche Analyse. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 11-2022. Berlin: EFI.
- Büchel, J.; Engels, B. (2021): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland. Digitalisierungsindex 2021. Berlin: BMWi.
- Bundesanzeiger (2021a): Gesetz zur Änderung des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen für ein fokussiertes, proaktives und digitales Wettbewerbsrecht 4.0 und anderer Bestimmungen (GWB-Digitalisierungsgesetz). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 1.
- Bundesanzeiger (2021b): Richtlinie zum Förderprogramm „go-digital“. BAnz AT 27.12.2021 B1.
- Bundesministerium für Gesundheit (2020): Verordnung über das Verfahren und die Anforderungen zur Prüfung der Erstattungsfähigkeit digitaler Gesundheitsanwendungen in der gesetzlichen Krankenversicherung. Digitale Gesundheitsanwendungenverordnung – DiGAV.
- Bundesregierung (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Berlin: BMVI.
- Bundesregierung (2018): Forschung und Innovation für die Menschen. Hightech Strategie 2025. Berlin: Bundesregierung; BMBF.
- Bundesregierung (2020): Entwurf eines Ersten Gesetz zur Änderung des Außenwirtschaftsgesetzes und anderer Gesetze. Referentenentwurf. Berlin: Bundesregierung.
- Bundesregierung (2021a): Deutsche Sustainable Finance-Strategie. Berlin: BMF, BMU, BMWi.
- Bundesregierung (2021b): Die Datenstrategie der Bundesregierung. Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum. Berlin: Bundesregierung.
- Bundesregierung (2021c): Erstes Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 48.
- Bundesregierung (2021d): Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 48.
- Bundesregierung (2021e): Gesetz zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechts. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 19.
- Cabral, L. (2021): Merger Policy in Digital Industries. *Information Economics and Policy*. 54.
- Campanella, P.; Lovato, E.; Marone, C.; Fal-lacara, L.; Mancuso, A.; Ricciardi, W.; Specchia, M. (2016): The Impact of Electronic Health Records on Healthcare Quality. A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Public Health*. 26(1). S. 60–64.
- Cantner, U. (1990): Technischer Fortschritt, neue Güter und internationaler Handel. Heidelberg: Physica-Verlag HD.
- Cantner, U.; Hanusch, H. (1993): Process and Product Innovations in an International Trade Context. *Economics of Innovation and New Technology*. 2(3). S. 217–236.
- Casey, J.; Schwartz, B.; Stewart, W.; Adler, N. (2016): Using Electronic Health Records for Population Health Research. A Review of Methods and Applications. *Annual review of public health*. 37. S. 61–81.
- CBInsights (2021): State of Healthcare Q2'21 Report. Investment & Sector Trends to Watch. New York: CBInsights.
- Cennamo, C.; Santaló, J. (2019): Generativity Tension and Value Creation in Platform Ecosystems. *Organization Science*. 30(3). S. 617–641.
- Chen, L.; Yi, J.; Li, S.; Tong, T.W. (2021): Platform Governance Design in Platform Ecosystems: Implications for Complementors' Multihoming Decision. *Journal of Management*. Im Erscheinen.
- Cohen, W.; Levinthal, D. (1989): Innovation and Learning. Two Faces of R&D. *Economic Journal*. 99(397). S. 569–596.
- Coka, D.A.; Bartsch, B.; Jungbluth, C.; Laudien, A.; Overdiek, M.; Ponattu, D.; Rausch, T.; Vemmer, F. (2020): Von Trump und Xi lernen? Globalisierung und Innovation als Treiber einer neuen Industriepolitik. GED Focus Paper. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Coorevits, P.; Sundgren, M.; Klein, G.; Bahr, A.; Claerhout, B.; Daniel, C.; Dugas, M.; Dupont, D.; Schmidt, A.; Singleton, P.; et al. (2013): Electronic Health Records. New Opportunities for Clinical Research. *Journal of internal medicine*. 274(6). S. 547–560.
- Coulombel, N.; Boutueil, V.; Liu, L.; Vigié, V.; Yin, B. (2019): Substantial Rebound Effects in Urban Ridesharing. *Simulating*

- Travel Decisions in Paris, France. *Transportation Research Part D Transport and Environment*. 71. S. 110–126.
- Cowie, M.; Blomster, J.; Curtis, L.; Duclaux, S.; Ford, I.; Fritz, F.; Goldman, S.; Janmohamed, S.; Kreuzer, J.; Leenay, M.; et al. (2017): Electronic Health Records to Facilitate Clinical Research. *Clinical Research in Cardiology*. 106(1). S. 1–9.
- Crémer, J.; de Montjoye, Y.-A.; Schweitzer, H. (2019): Competition Policy for the Digital Era. Final Report. Brüssel: Europäische Kommission.
- Cusumano, M.; Gawer, A.; Yoffie, D. (2021): Can Self-Regulation Save Digital Platforms? *Industrial and Corporate Change*. Im Erscheinen.
- Dahlhausen, F.; Zinner, M.; Bieske, L.; Ehlers, J.; Boehme, P.; Fehring, L.; et al. (2021): Physicians' Attitudes Toward Prescribable mHealth Apps and Implications for Adoption in Germany. *Mixed Methods Study. JMIR mHealth and uHealth*. 9(11). e33012.
- de Stree, A.; Feasey, R.; Krämer, J.; Monti, G. (2021): Making the Digital Markets Act More Resilient and Effective. Recommendations Paper. Brüssel: Centre on Regulation in Europe.
- Deutscher Bundestag (2003): Gesetz zur Modernisierung der gesetzlichen Krankenversicherung. GKV-Modernisierungsgesetz – GMG.
- Deutscher Bundestag (2019a): Gesetz für eine bessere Versorgung durch Digitalisierung und Innovation. *Digitale-Versorgung-Gesetz – DVG*.
- Deutscher Bundestag (2019b): Gesetz für schnellere Termine und bessere Versorgung. *Terminservice- und Versorgungsgesetz – TSVG*.
- Deutscher Bundestag (2020): Gesetz zum Schutz elektronischer Patientendaten in der Telematikinfrastruktur. *Patientendaten-Schutz-Gesetz – PDSG*.
- Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste (2021a): Maßnahmen zur Förderung von Fahrzeugen mit alternativen Kraftstoffen und Antriebssträngen. Berlin: Deutscher Bundestag.
- Deutscher Bundestag (2021b): Schriftliche Fragen mit den in der Woche vom 20. September 2021 eingegangenen Antworten der Bundesregierung. Drucksache 19/32556.
- Deutscher Bundestag (2021c): Schriftliche Fragen mit den in der Woche vom 26. Juli 2021 eingegangenen Antworten der Bundesregierung. Drucksache 19/31818.
- Deutscher Bundestag (2021d): Schriftliche Fragen mit den in der Zeit vom 18. bis 26. Oktober 2021 eingegangenen Antworten der Bundesregierung. Drucksache 19/32692.
- DICE – Düsseldorf Institute for Competition Economics (2021): Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechts. Düsseldorf: DICE.
- Doll, C.; Krauss, K. (2022): Nachhaltige Mobilität und innovative Geschäftsmodelle. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 10-2022. Berlin: EFI.
- Dosi, G. (1988): Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*. 26(3). S. 1120–1171.
- DPMA – Deutsches Patent- und Markenamt (2020): Innovationen bei E-Mobilität und beim autonomen Fahren rasant gestiegen. Pressemitteilung vom 19.05.2020.
- Dudenhöffer, F.; Schneider, W. (2015): Fehlender rechtlicher Rahmen verschafft den USA Zeitvorsprung beim Zukunftsmarkt. *ifo Schnelldienst*. 68(07). S. 31–33.
- Ecke, L.; Chlond, B.; Magdolen, M.; Vortisch, P. (2020): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2019/2020: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Verkehrswesen.
- Edler, J.; Blind, K.; Frietsch, R.; Kimpeler, S.; Kroll, H.; Lerch, C.; Reiss, T.; Roth, F.; Schubert, T.; Schuler, J.; Walz, R. (2020): Technologiesouveränität. Von der Forderung zum Konzept. Policy Brief. 02/2020 (DE). Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Edler, J.; Blind, K.; Kroll, H.; Schubert, T. (2021): Technology Sovereignty as an Emerging Frame for Innovation Policy. Defining Rationales, Ends and Means. Fraunhofer ISI Discussion Papers – Innovation Systems and Policy Analysis. 70: Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2019): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019. Berlin: EFI.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2020): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020. Berlin: EFI.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2021): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Berlin: EFI.
- Ekeland, A.; Bowes, A.; Flottorp, S. (2010): Effectiveness of Telemedicine. A Systematic Review of Reviews. *International journal of medical informatics*. 79(11). S. 736–771.
- ERT – The European Round Table for Industry (2021): B2B Data Sharing. Expert Paper: ERT.
- etventure (2020): Klöckner vs. Stahlindustrie. Wie ein Traditionalist das Amazon der Stahlindustrie aufbaut und damit zum Disruptor der eigenen Branche wird. Berlin: etventure GmbH.
- Europäische Kommission (2009a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. An die Zukunft denken: Entwicklung einer gemeinsamen EU-Strategie für Schlüsseltechnologien. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2009b): Preparing for our Future: Developing a Common Strategy for Key Enabling Technologies in the EU. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2011): Leitlinien zur Anwendbarkeit von Artikel 101 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union auf Vereinbarungen über horizontale Zusammenarbeit. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2012): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine europäische Strategie für Schlüsseltechnologien – Eine Brücke zu Wachstum und Beschäftigung. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2019a): Orientations towards the First Strategic Plan for Horizon Europe. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2019b): Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors (Neufassung). *Amtsblatt der Europäischen Union*. L 172/56.
- Europäische Kommission (2020a): Advanced Technologies for Industry – B2B Platforms. Monitoring B2B Industrial Digital Platforms in Europe. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2020b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine europäische Datenstrategie. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2020c): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über bestreitebare und faire Märkte im digitalen

- Sektor (Gesetz über digitale Märkte). Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2020d): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über europäische Daten-Governance (Daten-Governance-Gesetz). Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021a): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021b): Inception Impact Assessment. Data Act (Including the Review of the Directive 96/9/EC on the Legal Protection of Databases). Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021c): Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft. (DESI) 2021. Deutschland.
- Europäische Kommission (2021d): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über den Binnenmarkt verzerrende drittstaatliche Subventionen. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021e): Aktualisierung der Industriestrategie von 2020: hin zu einem stärkeren Binnenmarkt für die Erholung Europas. Pressemitteilung vom 05.05.2021.
- Europäische Kommission (2021f): Kommission schlägt neue Verordnung gegen Verzerrungen im Binnenmarkt durch Subventionen aus Drittstaaten vor. Pressemitteilung vom 05.05.2021.
- Evans, D.S.; Schmalensee, R.; Noel, M.D.; Chang, H.H.; Garcia-Schwartz, D.D. (2011): Platform Economics: Essays on Multi-Sided Businesses. In: Evans, D.S.: Platform Economics: Essays on Multi-Sided Businesses. Competition Policy International.
- Fagerberg, J. (1994): Technology and International Differences in Growth Rates. *Journal of Economic Literature*. 32(3). S. 1147–1175.
- Falck, O.; Koenen, J. (2020): Industrielle Digitalwirtschaft – B2B-Plattformen. Studie im Auftrag des BDI. München: ifo Institut.
- Fehrenbach, H. (2019): Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor bis 2030. Kurzstudie zu den Potenzialen an Kraftstoffen auf Basis von Anbaubiomasse sowie biogenen Abfällen und Reststoffen. Heidelberg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung.
- Fischer, C.; Newell, R.G. (2008): Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation. *Journal of Environmental Economics and Management*. 55(2). S. 142–162.
- Foray, D. (2004): *Economics of Knowledge*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Franck, J.-U.; Peitz, M. (2021): Digital Platforms and the New 19a Tool in the German Competition Act. Gefördert durch die DFG. Discussion Paper Series CRC TR 224. 297.
- Friederici, N.; Krell, T.; Meier, P.; Braese- mann, F.; Stephany, F. (2020): Plattforminnovation im Mittelstand. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens fe 12/19: „Hindernisse und Gelingensbedingungen für kooperative Ansätze kleiner und mittlerer Unternehmen in datenbasierten Märkten und Branchen“. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMF. Berlin: Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft.
- Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Karpenstein, A.; Conlé, M.; Schüler-Zhou, Y.; Schüller, M.; Wieczorek, I. (2018): Monitoring des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums (APRA) mit Schwerpunkt China. Bonn: DLR, ISI, GIGA, DAAD.
- Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets. *Scientometrics*. 82(1). S. 185–200.
- Frondel, M.; Vance, C. (2018): Drivers' Response to Fuel Taxes and Efficiency Standards. Evidence from Germany. *Transportation*. 45(3). S. 989–1001.
- Fuchs, E.R.H. (2021): What a National Technology Strategy Is—and Why the United States Needs One. *Issues in Science and Technology*.
- Gawer, A.; Cusumano, M. (2008): How Companies Become Platform Leaders. *MIT Sloan Management Review*. 49(2). S. 28–35.
- Gehrke, B.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Rammer, C. (2013): Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter – NIW/ISI/ZEW-Listen 2012. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2013. Berlin: EFI.
- gematik (2020a): Arena für digitale Medizin. Whitepaper Telematikinfrastruktur 2.0 für ein föderalistisch vernetztes Gesundheitssystem. Berlin: gematik GmbH.
- gematik (2020b): Interoperabilität 2.0. Rolle der gematik und Relaunch von vesta. Berlin: gematik GmbH.
- Gerres, T.; Linares, P. (2020): Carbon Contracts for Differences: Their Role in European Industrial Decarbonization. Policy Brief: Climate Friendly Materials Platform.
- Göbel, B. (2012): Lithium – das neue Öl der Anden? Sozio-ökologische Konfliktdynamiken im Lithiumbergbau Argentiniens. In: Burchardt, H.-J.; Dietz, K.; Öhlschläger, R.: *Umwelt und Entwicklung im 21. Jahrhundert: Impulse und Analysen aus Lateinamerika*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Greenwald, B.; Stiglitz, J.E. (2013): Industrial Policies, the Creation of a Learning Society, and Economic Development. In: Stiglitz, J.E.; Lin, J.Y.: *The Industrial Policy Revolution I: The Role of Government Beyond Ideology*. London: Palgrave Macmillan UK.
- Gsell, M.; Brohmann, B.; Dehoust, G.; Förster, H.; Hülsmann, F.; Peter, M. (2016): Collaborative Economy. Neue Geschäftsmodelle bedingungslos vorteilhaft? *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*. 85(3). S. 51–67.
- Hagen, K.; Rückert-John, J. (2016): Teilen, tauschen, leihen. Tragfähige Modelle zukünftigen Wirtschaftens? *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*. 85(2). S. 5–12.
- Haucap, J. (2021): Plattformökonomie und Wettbewerb. In: Kenning, P.; Oehler, A.; Reisch, L.A.: *Verbraucherwissenschaften: Rahmenbedingungen, Forschungsfelder und Institutionen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Haucap, J.; Kehder, C.; Loebert, I. (2020): B2B-Plattformen in Nordrhein-Westfalen: Potenziale, Hemmnisse und Handlungsoptionen. Ein Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: DICE Consult.
- Heinemann, F.; Bohne, A.; Breithaupt, P.; Doherr, T.; Licht, G.; Niebel, T.; Thöne, M. (2021): Studie zur Einführung einer Zukunftsquote. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Mannheim: ZEW.
- Helm, D.; Hepburn, C.; Mash, R. (2003): *Credible Carbon Policy*. *Oxford Review of Economic Policy*. 19(4). S. 438–450.
- Helpman, E. (1998): *General Purpose Technologies and Economic Growth*: MIT Press.
- Henning, F.; Gauterin, F.; Dollinger, A.; Burgert, T. (2019): Leichtbau für die Elektromobilität – Eine gewichtige Strategie? Auswirkungen von Leichtbau auf den Energiebedarf eines Elektrofahrzeugs. Karlsruhe: Fraunhofer ICT; KIT.
- Highfill, T. (2019): Do Hospitals with Electronic Health Records Have Lower Costs? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Healthcare Management* 13(1). S. 65–71.
- Hoch, M.; Münch, C.; Kreidelmeyer, S.; Kreuzer, P.; Rech, T.; Willer, E. (2021): Ökologische Transformation und duale Ausbildung in Bremen. Analyse des Fachkräftebedarfs und -angebots. Eine Studie von Prognos im Auftrag der Arbeitnehmerkammer Bremen: Arbeitnehmerkammer Bremen.

- Hoffer, R.; Sander, M. (2021): „Schlimmer als im Kalten Krieg“ – China fordert auch bei technischen Standards die USA und Europa heraus. Neue Zürcher Zeitung.
- Hoffmann, M.; Schröder, C.; Pasing, P. (2021): Digitale B2B-Plattformen. Status quo und Perspektiven der Industrie in Deutschland. WISO-Diskurs. 01/2021. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Hosseini, M.; Kaltenbach, T.; Kleipass, U.; Neumann, C.; Rong, O. (2021): Future of Health 3 / Neuer Schub für Innovation. München: Roland Berger GmbH.
- IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change (2021): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: IPCC.
- ISO – International Organization for Standardization (2012): ISO in 2011. Imagine it's already 31 December 2012. Genf: ISO.
- IW Köln Consult GmbH (2019): Plattformen – Infrastruktur der Digitalisierung. München: Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V.
- Jones, C.; Tonetti, C. (2020): Nonrivalry and the Economics of Data. *American Economic Review*. 110(9). S. 2819–2858.
- KBA – Kraftfahrt-Bundesamt (2021a): Fahrzeugzulassungen. Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern – Monatsergebnisse November 2021. dl-de/by-2-0. Flensburg: KBA.
- KBA – Kraftfahrt-Bundesamt (2021b): Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Jahresverlauf 2021 nach Marken und alternativen Antrieben. Pressemitteilung vom 21.10.2021.
- Kerst, C.; Weilage, I.; Gehrke, B. (2022): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 1-2022. Berlin: EFI.
- Kladroba, A.; Belitz, H.; Lehmann T. (2022): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft. Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2022. Berlin: EFI.
- Klaus, A.; Kruppe, T.; Lang, J.; Roesler, K. (2020): Geförderte Weiterbildung Beschäftigter. Trotz erweiterter Möglichkeiten noch ausbaufähig. IAB-Kurzbericht. 24/2020. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt und -berufsforschung.
- Kleinhans, J.-P.; Baisakova, N. (2020): The Global Semiconductor Value Chain. A Technology Primer for Policy Makers. Berlin: Stiftung Neue Verantwortung.
- Koenen, T.; Heckler, S. (2021): Deutsche digitale B2B-Plattformen. Digitalisierung und Nachhaltigkeit verzahnen. Entwicklung eines industriellen B2B-Plattform-ökosystems in Deutschland fördern. Berlin: Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
- Kolev, G.; Matthes, J. (2021): Protektionismus und Abschottungstendenzen bremsen und verändern die Globalisierung. *Wirtschaftsdienst*. 101(11). S. 845–849.
- Koller, B.; Matawa, R. (2020): Automated Driving requires International Regulations. München: TÜV Süd.
- Krail, M.; Hellekes, J.; Schneider, U.; Dütschke, E.; Schellert, M.; Rüdiger, D.; Steindl, A.; Luchmann, I.; Waßmuth, V.; Flämig, H.; Schade, W.; Mader, S. (2019): Energie- und Treibhausgaswirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr. Wissenschaftliche Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).
- Krail, M.; Speth, D.; Gnann, T.; Wietzel, M. (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland – Treibhausgasneutrale Hauptszenarien Modul Verkehr. Im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).
- Kroll, H.; Berghäuser, H.; Blind, K.; Neuhäusler, P.; Scheifele, F.; Thielmann, A.; Wydra, S. (2022): Schlüsseltechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 7-2021. Berlin: EFI.
- KVNO – Kassenärztliche Vereinigung Nordrhein (2020): Merkblatt | Förderung Telemedizin in NRW. Düsseldorf: KVNO.
- Larouche, P.; de Stree, A. (2021): Will the Digital Markets Act Kill Innovation in Europe? *CPI Columns Europe*.
- Lerch, C.; Meyer, N.; Horvat, D.; Jackwerth-Rice, T.; Jäger, A.; Lobsiger, M.; Weidner, N. (2019): Die volkswirtschaftliche Bedeutung von digitalen B2B-Plattformen im Verarbeitenden Gewerbe. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Lin, J.Y. (2012): *New Structural Economics. A Framework for Rethinking Development and Policy*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Lipsey, R.; Carlaw, K.I.; Bekar, C.T. (2005): *Economic Transformations. General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth*. Oxford: Oxford University Press.
- List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik. Springer Berlin Heidelberg.
- Lundborg, M.; Gull, I. (2019): Digitale Plattformen als Chance für den Mittelstand. Relevanz, Anwendungen, Transfer.
- Eine Erhebung der Mittelstand-Digital Begleitforschung. Gefördert durch das BMWi. Bad Honnef: WIK GmbH.
- Mangiapane, S.; Zhu, L.; Czihal, T.; Stillfried, D.; Kretschmann, J. (2020): Veränderung der vertragsärztlichen Leistungsinanspruchnahme während der COVID-Krise. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin: Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland Rechtsfähige Stiftung.
- March, C.; Schieferdecker, I. (2021): *Technological Sovereignty as Ability, Not Autarky*. CESifo Working Paper. 9139. München: Center for Economic Studies and Ifo Institute.
- Marcin, J.; Shaikh, U.; Steinhorn, R. (2016): *Addressing Health Disparities in Rural Communities Using Telehealth*. *Pediatric research*. 79(1). S. 169–176.
- Martens, B.; de Stree, A.; Graef, I.; Tombal, T.; Duch-Brown, N. (2020): *Business-to-Business Data Sharing: An Economic and Legal Analysis*. JRC Digital Economy Working Paper. 2020-05. Brüssel: Europäische Kommission.
- Merkel, S.; Hess, M. (2020): *The Use of Internet-Based Health and Care Services by Elderly People in Europe and the Importance of the Country Context*. *Multilevel Study*. *JMIR aging*. 3(1). e15491.
- Modisha, P.M.; Ouma, C.N.M.; Garidzirai, R.; Wasserscheid, P.; Bessarabov, D. (2019): *The Prospect of Hydrogen Storage using Liquid Organic Hydrogen Carriers*. *Energy & Fuels*. 33(4). S. 2778–2796.
- MOIA GmbH (2021): *Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechts*. Hamburg: MOIA GmbH.
- Monopolkommission (2021a): *Empfehlungen für einen effektiven und effizienten Digital Markets Act*. Sondergutachten 82. Gutachten der Monopolkommission gemäß § 44 Abs. 1 Satz 4 GWB. Bonn: Monopolkommission.
- Monopolkommission (2021b): *Energie 2021: Wettbewerbschancen bei Strombörsen, E-Ladesäulen und Wasserstoff nutzen*. 8. Sektorgutachten der Monopolkommission gemäß § 62 EnWG. Bonn: Monopolkommission.
- Müller, B.; Bersch, J.; Niefert, M.; Rammer, C. (2013): *Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2011, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Internationaler Vergleich, Beschäftigungsbeitrag von Gründungen, Vergleich von Datenquellen mit Informationen zu Gründungen*. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2013. Berlin: EFI.

- Müller, B.; Gottschalk, S.; Niefert, M.; Rammer, C. (2014): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2012. Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2014. Berlin: EFI.
- Müller, M. (2021): Fachkräftemangel nimmt trotz Lockdown zu – weitere Engpässe stehen bevor. KfW-ifo-Fachkräftebarmeter: Juni 2021. Frankfurt: KfW Research.
- Mußmann, F.; Hardwig, T.; Riethmüller, M.; Klötzer, S. (2021): Digitalisierung im Schulsystem 2021. Arbeitszeit, Arbeitsbedingungen, Rahmenbedingungen und Perspektiven von Lehrkräften in Deutschland. Göttingen: Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften der Georg-August-Universität.
- Myers, L.; Stevens, J. (2016): Using EHR to Conduct Outcome and Health Services Research. In: Secondary Analysis of Electronic Health.
- Namulanda, G.; Qualters, J.; Vaidyanathan, A.; Roberts, E.; Richardson, M.; Fraser, A.; McVeigh, K.; Patterson, S. (2018): Electronic Health Record Case Studies to Advance Environmental Public Health Tracking. *Journal of biomedical informatics*. 79. S. 98–104.
- Nelson, R.R. (1989): What Is Private and What Is Public about Technology? *Science, Technology & Human Values*. 14(3). S. 229–241.
- Neuhäusler, P.; Rothengatter, O. (2022): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2022. Berlin: EFI.
- Nietan, M.; Streim, A.; Gentemann, L. (2020): Digitale Plattformen. Chartbericht. Berlin: Bitkom e.V.
- NKR – Nationaler Normenkontrollrat (2021): Zukunftsfester Staat – weniger Bürokratie, praxistaugliche Gesetze und leistungsfähige Verwaltung. Jahresbericht 2021 des Nationalen Normenkontrollrats. Berlin: NKR.
- NPM – Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2021): Ergebnisbericht der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität. Ergebnisse aus drei Jahren NPM (2018–2021). Berlin: NPM.
- o.V. (2021a): Ergebnis der Sondierungen zwischen SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP.
- o.V. (2021b): Klimaschutz Sofortprogramm 2022.
- Obermann, K.; Brendt, I.; Hagen, J.; Müller, P.; Stachwitz, P. (2020): Ärzte im Zukunftsmarkt Gesundheit 2020: Ärztliche Arbeit und Nutzung von Videosprechstunden während der Covid-19-Pandemie. Hamburg: Stiftung Gesundheit.
- OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development (2019): Health in the 21st Century. Paris: OECD.
- Petrakis, E.; Rasmusen, E.; Roy, S. (1997): The Learning Curve in a Competitive Industry. *The RAND Journal of Economics*. 28(2). S. 248–268.
- Plötz, P.; Moll, C.; Biecker, G.; Mock, P.; Li, Y. (2020): Real-world Usage of Plug-in Hybrid Electric Vehicles. Fuel Consumption, Electric Driving, and CO₂ Emissions. ICCT White Paper. Berlin: International Council on Clean Transportation.
- Plötz, P.; Moll, C.; Bieker, G.; Mock, P. (2021): From Lab-to-Road. Real-World Fuel Consumption and CO₂ Emissions of Plug-in Hybrid Electric Vehicles. *Environmental Research Letters*. 16(5).
- Priestman, W.; Sridharan, S.; Vigne, H.; Collins, R.; Seamer, L.; Sebire, N. (2018): What to Expect from Electronic Patient Record System Implementation; Lessons Learned from Published Evidence. *Journal of Innovation in Health Informatics*. 25(2). S. 92–104.
- Rammer, C.; Doherr, T.; Krieger, B.; Marks, H.; Peters, B.; Schubert, T.; Trunschke, M.; Burg, J. von der; Eibelshäuser, S. (2022): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2021. Innovationsaktivitäten der Unternehmen in Deutschland im Jahr 2020, mit einem Ausblick für 2021 und 2022. Beauftragt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C.; Hünermund, P. (2013): Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2011 – Aktuelle Entwicklungen – Europäischer Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2013. Berlin: EFI.
- Redding, S. (1999): Dynamic Comparative Advantage and the Welfare Effects of Trade. *Oxford Economic Papers*. 51(1). S. 15–39.
- Reichenbach, J.; Requate, T. (2012): Subsidies for Renewable Energies in the Presence of Learning Effects and Market Power. *Resource and Energy Economics*. 34(2). S. 236–254.
- Richstein, J.C. (2017): Project-Based Carbon Contracts. A Way to Finance Innovative Low-Carbon Investments. DIW Discussion Paper. 1714.
- Richter, L.; Silberzahn, T. (2021): e-Health Monitor 2021. Deutschlands Weg in die digitale Gesundheitsversorgung – Status quo und Perspektiven. Berlin: MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Rickels, W.; Proelß, A.; Geden, O.; Burhenne, J.; Fridahl, M. (2021): Integrating Carbon Dioxide Removal into European Emissions Trading. *Frontiers in Climate*. 3. S. 2201.
- Rickels, W.; Schwinger, J. (2021): Implications of Temperature Overshoot Dynamics for Climate and Carbon Dioxide Removal Policies in the DICE Model. *Environmental Research Letters*. 16(10).
- Rietveld, J.; Schilling, M. (2021): Platform Competition: A Systematic and Interdisciplinary Review of the Literature. *Journal of Management*. 47(6). S. 1528–1563.
- RKI – Robert Koch Institut (2021): Genomsequenzierung von SARS-CoV-2-positiven Proben bei Verdacht auf das Vorliegen einer Variant of Concern (VOC). Infobrief 53 (22.01.2021, aktualisiert 14.06.2021) für Gesundheitsämter. Berlin: RKI.
- Rochet, J.-C.; Tirole, J. (2003): Platform Competition in Two-Sided Markets. *Journal of the European Economic Association*. 1(4). S. 990–1029.
- Rube, S.; Ackermann, T.; Kagerbauer, M.; Loose, W.; Nehrke, G.; Wirtz, M.; Zappe, F. (2020): Multi- und Intermodalität: Hinweise zur Umsetzung und Wirkung von Maßnahmen im Personenverkehr. Teilpapier 3: Multi- und intermodale Mobilitätsdienstleistungen und intermodale Verknüpfungspunkte. Berlin: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- Rühlig, T. (2021): The Shape of Things to Come. The Race to Control Technical Standardisation. Beijing: European Union Chamber of Commerce in China.
- Safran, C.; Bloomrosen, M.; Hammond, E.; Labkoff, S.; Markel-Fox, S.; Tang, P.; Detmer, D. (2007): Toward a National Framework for the Secondary Use of Health Data. An American Medical Informatics Association White Paper. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 14(1). S. 1–9.
- Schasse, U. (2021): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2021. Berlin: EFI.
- Schiedsstelle – Schiedsstelle nach § 134 Abs. 3 SGB V (2021): Rahmenvereinbarung nach § 134 Absatz 4 und 5 SGB V. Fassung vom 16.12.2021. Berlin: Schiedsstelle.
- Schieferdecker, I.; March, C. (2020): Digitale Innovationen und Technologiesouveränität. *Wirtschaftsdienst*. 100(1). S. 30–35.
- Schiersch, A.; Gehrke, B. (2014): Die Wissenswirtschaft im internationalen Vergleich: Strukturen, Produktivität, Außenhandel. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2014. Berlin: EFI.
- Schiersch, A.; Ingwersen, K.; Gulden, V.-S. (2022): FuE-intensive Industrien und wis-

- sensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2022. Berlin: EFI.
- Schmitt, M.; Bienge, K.; Clausen, J.; Bowry, J.; Howell, E.; Rohn, H. (2017): Nutzen statt Besitzen – eine ressourcenleichte Konsumalternative: Mythos oder Realität? Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH.
- Schuster, B.; Ziehfrend, S.; Tizek, L.; Krause, J.; Biedermann, T.; Zink, A. (2019): Is the Bavarian Population Open for Teledermatology? A Cross-Sectional Study in Rural and Urban Regions of Bavaria, Germany. Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany)).
- Séroussi, B.; Bouaud, J. (2020): Update on the DMP, the French Nationally Shared Medical Record. Did We Make It? Studies in health technology and informatics. 270. S. 698–702.
- Shi-Kupfer, K.; Ohlberg, M. (2019): China's Digital Rise. Challenges for Europe. MERICS Papers on China. Nr. 7. Berlin: Mercator Institute for China Studies.
- Sievers, L.; Grimm, A. (2022): Innovationstätigkeit des Automobilsektors – Analyse mit Fokus auf nachhaltigen Antriebstechnologien und Digitalisierung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2022. Berlin: EFI.
- Sims, J.; Woodard, C. (2020): Community Interactions at Crowd Scale: Hybrid Crowds on the GitHub Platform. Innovation: Organization and Management. 22(2). S. 105–127.
- Snoswell, C.; Chelberg, G.; Guzman, K. de; Haydon, H.; Thomas, E.; Caffery, L.; Smith, A. (2021): The Clinical Effectiveness of Telehealth. A Systematic Review of Meta-Analyses from 2010 to 2019. Journal of telemedicine and telecare. 1357633X211022907.
- SPD; Bündnis 90/Die Grünen; FDP (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. Berlin: SPD, Bündnis 90/Die Grünen, FDP.
- Stephen, D.; Stahlschmidt, S. (2022): Performance and Structures of the German Science System 2022. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 5-2022. Berlin: EFI.
- Stiglitz, J.E. (2015): Leaders and Followers. Perspectives on the Nordic Model and the Economics of Innovation. Journal of Public Economics. 127. S. 3–16.
- Stremersch, S.; Tellis, G.J.; Hans Franses, P.; Binken, J.L.G. (2007): Indirect Network Effects in New Product Growth. Journal of Marketing. 71(3). S. 52–74.
- SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2021): Transformation gestalten: Bildung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Jahresgutachten. Wiesbaden: SVR.
- SVR Gesundheit – Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (2021): Digitalisierung für Gesundheit. Ziele und Rahmenbedingungen eines dynamisch lernenden Gesundheitssystems. Bonn, Berlin: SVR Gesundheit.
- Teichmann, D.; Arlt, W.; Wasserscheid, P.; Freymann, R. (2011): A Future Energy Supply based on Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC). Energy & Environmental Science. 4(8). S. 2767–2773.
- Thiel, R.; Deimel, L.; Schmidtman, D.; Piesche, K.; Hüsing, T.; Rennoch, J.; Stroetmann, V.; Stroetmann, K. (2018): #SmartHealthSystems. Digitalisierungsstrategien im internationalen Vergleich. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Thiel, R.; Stroetmann, K.; Deimel, L. (2020): #SmartHealthSystems. Sekundärnutzung von Daten in elektronischen Patientenakten. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Timpel, P.; Oswald, S.; Schwarz, P.; Harst, L. (2020): Mapping the Evidence on the Effectiveness of Telemedicine Interventions in Diabetes, Dyslipidemia, and Hypertension. An Umbrella Review of Systematic Reviews and Meta-Analyses. Journal of medical Internet research. 22(3). e16791.
- U.S. Geological Survey (2021): Mineral Commodity Summaries 2021. Mineral Commodity Summaries. Reston: U.S. Geological Survey.
- UBA – Umwelt Bundesamt (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Dessau-Roßlau: UBA.
- Urbanek, M. (2021): DiGA-Erfolg steht und fällt mit den Ärzten. HNO Nachrichten. 51(6). S. 10–13.
- van den Berg, N.; Schumann, M.; Kraft, K.; Hoffmann, W. (2012): Telemedicine and Telecare for Older Patients — a Systematic Review. Maturitas. 73(2). S. 94–114.
- VDE – Verband der Elektrotechnik (2006): Technologische Souveränität. Vorschlag einer Methodik und Handlungsempfehlungen. Frankfurt am Main: VDE.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (2020): Ökobilanz von Pkws mit verschiedenen Antriebssystemen. Düsseldorf: VDI.
- VDI Technologiezentrum GmbH (2021): Roadmap Quantencomputing. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.).
- VDMA und McKinsey & Company, Inc. (2020): Kundenzentrierung als Chance für den digitalen Durchbruch. Was sich die Endkundenindustrien vom Maschinenbau bei digitalen Plattformen und Mehrwertdiensten wünschen. Frankfurt am Main, Düsseldorf: VDMA, McKinsey & Company, Inc.
- VDV – Verband deutscher Verkehrsunternehmen (2020): Statistik 2019. Köln: VDV.
- Vekic, N. (2020): Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität. Status, Zukunftsperspektiven, Recycling. Karlsruhe: Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien.
- Verspagen, B. (1992): Uneven Growth between Interdependent Economies. An Evolutionary View on Technology Gaps, Trade and Growth. Netherlands: Datawyse / Universitaire Pers Maastricht.
- VZBV – Verbraucherzentrale Bundesverband (2021): Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechts. Berlin: VZBV.
- Wangler, J.; Jansky, M. (2021): The Use of Health Apps in Primary Care — Results from a Survey amongst General Practitioners in Germany. Wiener Medizinische Wochenschrift. 171(7). S. 148–156.
- Weichert, T. (2019): Praktische Anwendungsprobleme im Gesundheitsdatenschutz. Medizinrecht. 37(8). S. 622–625.
- Wietschel, M.; Biemann, K.; Link, S.; Helms, H. (2022): Langfristige Umweltbilanz und Zukunftspotenzial alternativer Antriebstechnologien. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2022. Berlin: EFI.
- Wilkinson, M.; Dumontier, M.; Aalbersberg, I.; Appleton, G.; Axton, M.; Baak, A.; Blomberg, N.; Boiten, J.-W.; da Silva Santos, L.; Bourne, P.; et al. (2016): The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship. Scientific data. 3(1). S. 1–9.
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Digitalisierung in Deutschland – Lehren aus der Corona-Krise. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin: BMWi.
- Zeltzer, D.; Einav, L.; Rashba, J.; Balicer, R. (2021): The Impact of Increased Access to Telemedicine. NBER Working Paper. No. 28978. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Zenglein, M.J.; Holzmann, A. (2019): Evolving Made in China 2025. China's Industrial Policy in the Quest for Global Tech Leadership. MERICS Papers on China. 8. Berlin: Mercator Institute for China Studies.
- ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (2021): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorbericht zur Innovationserhebung 2020. Mannheim: ZEW.

D 7 Endnotenverzeichnis

A 0

- 1 Vgl. hierzu und im Folgenden SPD et al. (2021).
- 2 Vgl. EFI (2021: Kapitel A 3).
- 3 In den vergangenen vier Legislaturperioden war die sogenannte Hightech-Strategie (HTS) der Politikansatz der Bundesregierung zur Integration der Innovationsförderung über alle Bundesministerien hinweg. Die HTS 2025 war das Strategiepapier der vergangenen Legislaturperiode. Vgl. Bundesregierung (2018). Die Begleitforschung der HTS 2025 wurde vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) durchgeführt. Vgl. <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/politik-gesellschaft/projekte/htf2025.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 4 Vgl. EFI (2021: Kapitel B 1).
- 5 Im Jahr 2019 führten rund 59 Prozent der Unternehmen in Deutschland Innovationsaktivitäten durch. Rund 20 Prozent der Unternehmen waren innovationsaktiv und betrieben FuE und rund 39 Prozent der Unternehmen tätigten Innovationsaktivitäten, ohne FuE zu betreiben. Vgl. ZEW (2021: 3).
- 6 Vgl. SPD et al. (2021: 19).
- 7 Vgl. hierzu und im Folgenden https://www.stifterverband.org/pressemitteilungen/2021_11_12_forschung_und_entwicklung (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 8 Vgl. Rammer et al. (2022).
- 9 Die Planwerte für 2021 und 2022 sind mit besonders hohen Unsicherheiten behaftet, da viele Unternehmen bei der Befragung keine konkreten Planzahlen genannt haben.
- 10 Während der vergangenen zwei Jahre kam es zu einer immensen Neuverschuldung – im Jahr 2020 betrug die Nettokreditaufnahme 130,5 Milliarden Euro und im Jahr 2021 240,2 Milliarden Euro. Vgl. BMF (2021b: 37) und https://www.bundeshaushalt.de/fileadmin/de.bundeshaushalt/content_de/dokumente/2021/soll/Nachtrags-HG%202021%20gesamt.pdf (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Für das laufende Jahr ist eine Nettokreditaufnahme von 99,7 Milliarden Euro vorgesehen. Vgl. [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2021/06/2021-06-](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2021/06/2021-06-23-regierungsentwurf-bundeshaushalt-2022.html)

23-regierungsentwurf-bundeshaushalt-2022.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Die Koalitionsparteien haben angekündigt, ab 2023 die Vorgaben der Schuldenbremse einzuhalten. Vgl. SPD et al. (2021: 158).

- 11 Vgl. SPD et al. (2021: 59); SPD et al. (2021: 158f.).
- 12 Vgl. Heinemann et al. (2021).

A 1

- 13 Stand Januar 2022.
- 14 Vgl. SPD et al. (2021: 62).
- 15 Um ohne eine Kaufprämie Kaufanreize für Elektrofahrzeuge zu schaffen, wäre derzeit ein CO₂-Preis von mehr als 200 Euro je Tonne notwendig.
- 16 Ausnahme ist der Luftverkehr, der dem EU ETS unterliegt. Vgl. zum Brennstoffemissionshandelsgesetz <http://www.gesetze-im-internet.de/behg/BJNR272800019.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und EFI (2020: 20f.).
- 17 Vgl. SPD et al. (2021: 62f.).
- 18 Vgl. SPD et al. (2021: 62f.).
- 19 Vgl. o.V. (2021b).
- 20 Vgl. SPD et al. (2021: 164).
- 21 Dies zeigt die Diskussion über die Klassifikationen von Gaskraftwerken als nachhaltige Technologien auf EU-Ebene.
- 22 Bei der Reform der staatlich induzierten Preisbestandteile im Energiesektor wird laut Koalitionsvertrag auf systematische, konsistente, transparente und möglichst verzerrungsfreie Wettbewerbsbedingungen abgezielt, Sektorenkopplung ermöglicht und so ein Level-Playing-Field für alle Energieträger und Sektoren geschaffen. Zudem wird der CO₂-Preis laut Koalitionsvertrag dabei eine zentrale Rolle spielen. Durch den Abbau von überflüssigen, unwirksamen sowie umwelt- und klimaschädlichen Subventionen und Ausgaben im Haushalt wollen die Regierungsparteien zusätzliche Haushaltsspielräume gewinnen. Vgl. SPD et al. (2021: 62 und 162).
- 23 Im Hinblick auf die Klimaschädlichkeit von Subventionen heißt es im 28. Subventionsbericht der Bundesregierung „Für eine zielgenaue Überprüfung der klimapolitischen Wirkung von Subventionen ist eine quantifizierte Abschätzung der Treibhausgas-

- minderungswirkung sinnvoll. Die externe Vergabe einer Evaluierungsstudie könnte dazu beitragen, die Treibhausgasminderungspotenziale der Subventionen im Rahmen der Subventionsberichterstattung zielgenauer zu quantifizieren.“ BMF (2021a: 6).
- 24 Vgl. <https://www.bmu.de/download/eckpunkte-pilotprogramm-fuer-klimaschutzvertraege> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 25 Das BMUV spricht hier von „Klimaschutzverträgen“.
- 26 Im Jahresgutachten 2019 hat die Expertenkommission ausgeführt, dass die Diffusion für die Energiewende wichtiger Technologien und Geschäftsmodelle durch zu geringe CO₂-Preise gehemmt wird. Vgl. EFI (2019: Kapitel B 2).
- 27 Vgl. Helm et al. (2003) und Richstein (2017).
- 28 Ein CCfD ist ein vertragsbasiertes Instrument und beruht auf einer gegenseitigen Zahlungsverpflichtung der Vertragspartner, die sich aus der Differenz eines vertraglich festgelegten Preises – dem „Strike Preis“ – und dem Marktpreis für CO₂-Emissionen ergibt. Unternehmen haben dadurch einen Anreiz, ihre Investitionen bzw. die Kosten der Reduktion von Emissionen an diesem Strike-Preis zu orientieren. Siehe Helm et al. (2003) und Richstein (2017). Der Richtlinienentwurf des BMUV zu CCfD sieht ein Bieterverfahren vor, bei dem Unternehmen Angebote für Strike-Preise abgeben und die niedrigsten Gebote den Zuschlag erhalten. Ein Wettbewerb über diesen Strike-Preis führt bei gegebenen Bedingungen zum effizienten Einsatz bestimmter Technologien.
- 29 Vgl. Gerres und Linares (2020).
- 30 Vgl. IPCC (2021) und Rickels und Schwinger (2021).
- 31 SPD et al. (2021: 65).
- 32 Siehe Rickels et al. (2021).
- 33 Vgl. hierzu auch BMWi (2021a).
- 34 Vgl. SPD et al. (2021: 26 und 63).
- A 2**
- 35 Vgl. EFI (2021: Kapitel A 3).
- 36 Vgl. SPD et al. (2021: 18).
- 37 Vgl. SPD et al. (2021: 28).
- 38 Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/fortschreibung-ki-strategie-1824340> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 39 Vgl. Deutscher Bundestag (2021b).
- 40 o.V. (2021a).
- 41 EFI (2021: 28f.).
- 42 Vgl. BMBF (2018).
- 43 Vgl. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/karliczek-mit-grossen-schritte-quantencomputer-made-in-germany.html> und <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/05/20210511-BMWi-foerdert-Quantentechnologien-mit-878-Millionen-Euro.html> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022) und Deutscher Bundestag (2021c).
- 44 Vgl. VDI Technologiezentrum GmbH (2021).
- 45 Vgl. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/quantencomputer-technologiestandort-deutschland-101.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 46 Vgl. SPD et al. (2021).
- 47 Vgl. BMVI (2021: 6).
- 48 Vgl. BMVI (2021: 7). Ein Vergleich mit europäischen Ländern kann anhand des Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) erfolgen, der von der Europäischen Kommission herausgegeben wird. Deutschland liegt, Stand Ende 2020, beim Ausbau der Breitbandnetze zum Ermöglichen von Übertragungsraten von mindestens 1 Gbit/s mit 56 Prozent hinter dem EU-Durchschnitt (59 Prozent) zurück. Bezogen auf den 5G-Mobilfunkstandard liegt Deutschland mit einer Netzabdeckung von 18 Prozent über dem Durchschnitt der EU (14 Prozent). Vgl. Europäische Kommission (2021c). Hierzu ist anzumerken, dass, während in Deutschland derzeit mittels Dynamic Spectrum Sharing (DSS) auf Basis der existierenden 4G-Infrastruktur 4G (LTE) und 5G parallel genutzt werden, seit 2021 auch ein eigenes 5G-Netz (5G Standalone) eingeführt wird, das Gigabit-Geschwindigkeiten und auch kurze Latenzen ermöglicht. Vgl. Europäische Kommission (2021c).
- 49 Der Digitalisierungsindex 2021 wurde vom Institut der deutschen Wirtschaft im Auftrag des BMWi ermittelt und umfasst 37 Indikatoren, die sowohl die unternehmensinternen als auch die unternehmensexternen Effekte der Digitalisierung auf Unternehmen messen. Vgl. Büchel et al. (2020) und Büchel und Engels (2021).
- 50 Vgl. SPD et al. (2021: 16).
- 51 Vgl. <https://www.onlinezugangsgesetz.de/Webs/OZG/DE/grundlagen/info-ozg/info-leistungen/info-leistungen-node.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 52 Neben den 84 online verfügbaren Leistungen im Rahmen des OZG wurden im Zeitraum 1. Januar 2021 bis 30. September 2021 insgesamt 34 Leistungen in mindestens jeweils einer Pilotkommune online verfügbar gemacht. Vgl. Deutscher Bundestag (2021d).
- 53 Vgl. NKR (2021: 19).
- 54 Vgl. auch EFI (2021: Kapitel A 3).

- 55 Vgl. SPD et al. (2021: 15).
- 56 Mit Stand Mitte 2021 sind 36 Einrichtungen des Bundes an die Bundescloud angeschlossen. Vgl. https://www.move-online.de/meldung_36295_Angebot+w%C3%A4chst.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Die Bundescloud Box, mit der Beschäftigte des Bundes Daten speichern, bearbeiten sowie behörden- und ressortübergreifend austauschen können, basiert auf einer Open-Source-Lösung der Firma Nextcloud. Vgl. https://www.itzbund.de/DE/itloesungen/standardloesungen/bundescloudbox/bundescloudbox_node.html;jsessionid=D91CDAE04EA0039572BEAEA2CD84F362.internet961 (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Derzeit werden Erweiterungen und Konsolidierungen von Diensten basierend auf Microsoft geplant. Vgl. <https://www.heise.de/news/Microsoft-soll-die-Bundescloud-erweitern-helfen-6012818.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Die konsolidierte Multi-Cloud-Lösung würde demnach Open-Source- und Microsoft-Lösungen umfassen.
- 57 Vgl. SPD et al. (2021: 15).
- 58 Vgl. <https://www.heise.de/news/Microsoft-soll-die-Bundescloud-erweitern-helfen-6012818.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 59 Die Gefährdungslage hat sich nach Einschätzung des BSI von „angespannt“ auf „angespannt bis kritisch“ erhöht. Vgl. BSI (2020: 9) und BSI (2019); BSI (2021: 9).
- 60 https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Pressemitteilungen/Presse2021/211211_log4Shell_WarnstufeRot.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 61 Beispiele für Cyberangriffe und Sicherheitslücken sind aus dem Bereich der Verwaltung das Umweltbundesamt, das nach einem Cyberangriff das E-Mail-System neu aufstellen musste, oder der Government Site Builder (GSB), die Contentmanagement-Lösung der deutschen Bundesverwaltung für Webauftritte, der von der kritischen Schwachstelle Log4Shell betroffen ist. Vgl. https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Cybersicherheitswarnungen/DE/2021/2021-549032-10F2.pdf;jsessionid=EAE6A7F2EAE6D21630A7606FE9E0067.internet461?__blob=publicationFile&v=10 (letzter Abruf am 14. Januar 2014). Ein Beispiel aus der Wissenschaft ist die TU Berlin. Vgl. <https://www.tu.berlin/en/topics/restricted-it-services/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Hier kam es nach einem Cyberangriff im April 2021 zu Einschränkungen der IT-Services an der Universität. Zudem kommt eine Bitkom-Studie zu dem Schluss, dass 86 Prozent der deutschen Unternehmen innerhalb der letzten zwei Jahre Schäden durch Cyberangriffe zu verzeichnen hatten. Vgl. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Angriffsziel-deutsche-Wirtschaft-mehr-als-220-Milliarden-Euro-Schaden-pro-Jahr> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 62 Vgl. SPD et al. (2021: 16f.).
- 63 Vgl. EFI (2020).
- 64 Vgl. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/volkswagen-chipmangel-umsatz-gewinn-auslieferungen-quartalsbericht-101.html> und <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/lieferengpaesse-folgen-verbraucher-101.html> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 65 Vgl. Kleinhans und Baisakova (2020).
- 66 Vgl. SPD et al. (2021: 26f.).
- 67 Vgl. <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/12/20211220-32-mikroelektronik-projekte-in-den-startlochern.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 68 Vgl. SPD et al. (2021: 21).
- 69 Vgl. SPD et al. (2021: 83).
- 70 Vgl. SPD et al. (2021: 17).

A 3

- 71 Vgl. Müller (2021). MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik.
- 72 Vgl. Hoch et al. (2021).
- 73 Vgl. acatech und Körber-Stiftung (2020).
- 74 IT steht für Informationstechnologie.
- 75 Nach Schätzung von Anger et al. (2020) werden zur Umsetzung der Digitalisierungsstrategie an den Schulen 20.000 zusätzliche IT-Stellen benötigt. Vgl. Anger et al. (2020).
- 76 Die digitale Bildung ist derzeit nur in wenigen Bundesländern in das Lehramtsstudium integriert. Vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020). Die Möglichkeiten für Lehrkräfte, an beruflichen Fort- und Weiterbildungsangeboten für das Lehren und Lernen mit digitalen Technologien teilzunehmen, unterscheiden sich deutlich zwischen den Bundesländern. Vgl. Mußmann et al. (2021).
- 77 Vgl. SPD et al. (2021: 94).
- 78 Vgl. SPD et al. (2021: 96).
- 79 Vgl. SPD et al. (2021: 95f.).
- 80 Vgl. SPD et al. (2021: 22).
- 81 Vgl. SPD et al. (2021: 22).
- 82 Vgl. EFI (2019: Kapitel B 4).
- 83 Gemäß einer repräsentativen Erhebung der Bertelsmann Stiftung hatten 70 Prozent der 14- bis 20-Jährigen den Eindruck, dass sich die Chancen auf einen Ausbildungsplatz im Vergleich zu der Zeit

- vor Corona verschlechtert haben. Bei den Chancen auf einen Studienplatz nehmen nur 24 Prozent eine Verschlechterung wahr. Mehr als die Hälfte der Befragten klagte über Orientierungsschwierigkeiten im Informationssystem zur Berufswahl. Vgl. Barlovic et al. (2021).
- 84 Vgl. EFI (2021).
- 85 Vgl. SPD et al. (2021: 66f.).
- 86 Zum 1. Januar 2019 ist das Qualifizierungschancengesetz in Kraft getreten. Dessen Fördermöglichkeiten wurden zum 1. Oktober 2020 durch das Gesetz zur Förderung der beruflichen Weiterbildung im Strukturwandel und zur Weiterentwicklung der Ausbildungsförderung („Arbeit-von-morgen-Gesetz“) nochmals erweitert.
- 87 Vgl. Klaus et al. (2020).
- 88 Vgl. SPD et al. (2021: 68).
- 89 Vgl. EFI (2021: Kapitel B 2).
- 90 Vgl. EFI (2021: 67).
- 91 Vgl. EFI (2021).
- 92 BAföG ist die Abkürzung für Bundesausbildungsförderungsgesetz.
- 93 Vgl. SPD et al. (2021: 67).
- 94 Vgl. SPD et al. (2021: 97).
- A 4**
- 95 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2019: Kapitel B 1).
- 96 Vgl. SPD et al. (2021: 30f. und 169).
- 97 Vgl. SPD et al. (2021: 19 und 30f.).
- 98 Vgl. SPD et al. (2021: 169). Bisher umfasst der Zukunftsfonds die ERP/Zukunftsfonds-Wachstumsfazilität, die GFF/EIF-Wachstumsfazilität, den DeepTech Future Fonds sowie den bereits in der neuen Legislaturperiode im Dezember 2021 gestarteten Wachstumsfonds, der sich an institutionelle Anleger richtet. Vgl. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/zukunftsfonds.html>, https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Internationales_Finanzmarkt/zukunftsfonds.html, <https://kfw-capital.de/en/investmentfokus/>, <https://deep-tech-future-fonds.de/> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022) und mündliche Auskunft des BMWi vom 20. Dezember 2021.
- 99 Vgl. EFI (2019: Kapitel B 1).
- 100 In der Deutschen Sustainable Finance-Strategie wird als eine Maßnahme „Nachhaltigkeit beim Zukunftsfonds berücksichtigen“ genannt. Vgl. Bundesregierung (2021a: 30f.). Hier wird ausgeführt, dass der Zukunftsfonds ESG-Standards bei seinen Investitionen mitträgt. Die KfW Capital, die den Zukunftsfonds für den Bund koordiniert und die ERP/Zukunftsfonds-Wachstumsfazilität sowie den Wachstumsfonds als einen Baustein des Zukunftsfonds mit Unterstützung des ERP-Sondervermögens umsetzt, versteht sich als verantwortungsvoller VC-Fondsinvestor. Vgl. <https://kfw-capital.de/nachhaltigkeit-und-wirkungsmanagement/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Die hier vorgeschlagene Entwicklung eines Moduls für Impact Investing geht darüber hinaus.
- 101 Vgl. SPD et al. (2021: 19).
- 102 Vgl. SPD et al. (2021: 19 und 169).
- 103 Vgl. SPD et al. (2021: 21).
- 104 So sollten insbesondere auch die Ergebnisse der Querschnittsevaluation „Unterstützungslandschaft für innovative Gründungen“ berücksichtigt werden, die darauf abzielt, das Gesamtangebot an einschlägigen Fördermaßnahmen zu analysieren. Vgl. <https://www.zew.de/forschung/projekte/querschnittsevaluation-unterstuetzungslandschaft-fuer-innovative-gruendungen> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 105 Vgl. SPD et al. (2021: 21).
- 106 Vgl. hierzu und im Folgenden SPD et al. (2021: 128).
- 107 Vgl. hierzu auch EFI (2020: Kapitel B 1).
- 108 Vgl. https://www.innovation-strukturwandel.de/strukturwandel/de/home/home_node.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 109 Vgl. SPD et al. (2021: 36).
- 110 Vgl. zu Smart Specialisation <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 111 Vgl. SPD et al. (2021: 36).
- 112 Vgl. EFI (2020: Kapitel B 1).
- 113 Vgl. SPD et al. (2021: 21) und <https://enterprisezones.communities.gov.uk/about-enterprise-zones/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 114 Vgl. <https://www.clusters4future.de/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 115 Vgl. SPD et al. (2021: 33).
- A 5**
- 116 Vgl. EFI (2021: Kapitel B 1).
- 117 Vgl. Bertschek et al. (2021a) und Bertschek et al. (2021b).
- 118 Vgl. SPD et al. (2021: 9).
- 119 Vgl. Bertschek et al. (2021a).
- 120 Vgl. Bertschek et al. (2021a).
- 121 Vgl. SPD et al. (2021: 21).
- 122 Vgl. hierzu und im Folgenden SPD et al. (2021: 20f.).

- 123 Vgl. Bertschek et al. (2021b).
- 124 Vgl. z. B. EFI (2021: Kapitel A 3 und Kapitel B 1).
- 125 Vgl. EFI (2021: Kapitel B 1).
- 126 Vgl. EFI (2021: Kapitel B 1).
- 127 Die bereits angesprochene Querschnittsevaluation „Unterstützungslandschaft für innovative Gründungen“ ist ein Schritt in die richtige Richtung.
- B 1**
- 128 Vgl. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS47482321> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 129 In der Folge wird der Schwerpunkt auf klassische „harte“ Technologien gelegt. Allerdings gibt es auch „weiche“ Technologien, wie z. B. das Wissen und Verständnis von komplexen Systemen oder Ökosystemen, die als Schlüsseltechnologien bezeichnet werden können. Diese werden in diesem Kapitel nicht behandelt, wenngleich sie speziell für die angesprochenen gesellschaftlichen Transformationsprozesse eine wichtige Rolle spielen.
- 130 Beispielsweise werden im Englischen häufig die Begriffe General Purpose Technologies (GPTs) und Key Enabling Technologies (KETs) verwendet. „GPTs are enabling technologies for a pervasive use in many sectors to foster new products and processes.“ Helpman (1998: 3). KETs werden definiert als „wissensintensiv und durch hohe FuE-Intensität, schnelle Innovationszyklen, hohen Kapitalaufwand und hochqualifizierte Arbeitskräfte (...). Sie ermöglichen Innovationen bei Prozessen, Waren und Dienstleistungen und sind von systemischer Bedeutung für die gesamte Wirtschaft.“ Europäische Kommission (2009a).
- 131 Die Gewichtung dieser Kriterien kann variieren, z. B. je nach Entwicklungsstadium einer Technologie. Je weiter fortgeschritten beispielsweise die Entwicklung einer Technologie ist, desto eher würde man erwarten, dass sich die Komplementarität zu anderen Technologien bereits abzeichnet; die Leistungssteigerung könnte ggf. jedoch aus dem Fokus der Betrachtung rücken bzw. in Zukunft zu erwartende Leistungssteigerungsraten können niedriger als bei vergleichsweise weniger weit fortgeschrittenen potenziellen Schlüsseltechnologien sein.
- 132 Vgl. z. B. Lipsey et al. (2005) und Bekar et al. (2018).
- 133 Vgl. https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/zukunftstrends/foresight/foresight-als-methode-der-strategischen-vorausschau-im-bmbf/foresight-als-methode-der-strategischen-vorausschau-im-bmbf_node.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 134 Für ein Beispiel vgl. Fuchs (2021).
- 135 Vgl. VDE (2006) und <https://netzpolitik.org/2010/14-thesen-zu-den-grundlagen-einer-gemeinsamen-netzpolitik-der-zukunft/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 136 Vgl. Edler et al. (2020).
- 137 Vgl. Edler et al. (2020).
- 138 Technologische Souveränität wird auf unterschiedliche Weise definiert. Die Expertenkommission baut auf der Definition des Fraunhofer ISI auf, weil diese sowohl die Dimension der Beherrschung von Schlüsseltechnologien als auch die Dimension der Verfügbarkeit berücksichtigt.
- 139 Das Element des lokalen Lernens beruht zum einen darauf, dass Wissen nicht als öffentliches, sondern als latent-öffentliches Gut betrachtet wird, und zum anderen darauf, dass entsprechende absorptive Fähigkeiten vorhanden sein müssen, um Wissen von anderen übernehmen zu können. Vgl. Nelson (1989) und Cohen und Levinthal (1989).
- 140 Vgl. Dosi (1988) und Foray (2004).
- 141 Vgl. Fagerberg (1994) und Verspagen (1992).
- 142 Vgl. Cantner (1990) und Cantner und Hanusch (1993).
- 143 Vgl. Redding (1999).
- 144 Vgl. Stiglitz (2015).
- 145 Vgl. Greenwald und Stiglitz (2013) und Lin (2012).
- 146 Vgl. Kroll et al. (2022).
- 147 Zum Beispiel Key Enabling Technologies Observatory und „Advanced Technologies for Industry“-Monitoring der Europäischen Kommission. Vgl. <https://ati.ec.europa.eu/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022), Europäische Kommission (2009b), Bundesregierung (2018) und Kroll et al. (2022).
- 148 Die Breite der Entwicklungstätigkeiten wurde gemessen auf Basis von Patentdaten. Die Patentanmelder wurden mit der Unternehmensdatenbank Orbis abgeglichen und den Patenten wurde somit eine NACE (Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne-) Klasse zugeordnet.
- 149 Die Breite der technologischen Basis wurde gemessen auf Basis von Patentdaten. Berechnet wird die Streuung auf Basis der Verteilung der Patentanmeldungen in der Klassifikation der IPC (International Patent Classification). Vgl. Kroll et al. (2022). Dabei ist zu berücksichtigen, dass es bei der folgenden Darstellung nicht um die Anwendung der Technologien geht, also nicht darum, in welchen Branchen oder Produkten eine Technologie zum Einsatz kommt.
- 150 Auf beiden Achsen wird jeweils ein genormtes Streuungsmaß (Herfindahl-Hirschman-Index) dar-

- gestellt, das per Definition zwischen null und eins liegt. Die Darstellung vergleicht auf diese Weise die 13 Schlüsseltechnologien untereinander, lässt also keine Schlüsse im Vergleich zu anderen Technologien zu. So sind beispielsweise die Entwicklungstätigkeiten in der Mikroelektronik im Vergleich zu den anderen zwölf Technologien am konzentriertesten (gleich eins), d. h., die Patentanmelder kommen aus weniger Branchen, als es bei den anderen Technologien der Fall ist. Aufgrund der genormten Darstellung ist sie jedoch nicht notwendigerweise absolut betrachtet sehr stark konzentriert (im Vergleich zu anderen, nicht dargestellten Technologien).
- 151** Die betrachteten Schlüsseltechnologien unterscheiden sich auch hinsichtlich ihres aktuellen Anteils an den wissenschaftlichen Publikationen und dahin gehend, wie schnell die Publikationsanzahl ansteigt. So haben beispielsweise die Lebenswissenschaften den höchsten Anteil bei einem im Vergleich eher langsamen Anstieg, während Big Data und künstliche Intelligenz den schnellsten Anstieg bei einem aktuell geringeren Anteil aufweisen. Dies spiegelt auch wider, wie stark eine Schlüsseltechnologie bereits etabliert ist, bzw. approximiert die zu erwartende zukünftige Entwicklung und Leistungssteigerung.
- 152** Die analysierten Daten wurden von Kroll et al. (2022) aufbereitet.
- 153** Als Grundlage für die Publikationsanalysen dient die Datenbank Scopus. Die Datenbank umfasst Veröffentlichungen in mehr als 22.000 internationalen Zeitschriften sowie eine Vielzahl an Konferenzbeiträgen, wobei nur die Zeitschriftenbeiträge in der Analyse berücksichtigt wurden. Vgl. Kroll et al. (2022).
- 154** China umfasst hier Festland-China.
- 155** Bemerkenswert ist, dass bis Anfang der 2000er-Jahre China kaum in Erscheinung getreten ist, aber im Betrachtungszeitraum die Publikationen in diesem Bereich um den Faktor 16 steigern konnte.
- 156** Die Patentdaten stammen aus der Patentstatistik des europäischen Patentamts (EPO PATSTAT-Datenbank). Patentanmeldungen wurden in die Betrachtung miteinbezogen, wenn sie entweder über den Patentreuearbeitsvertrag (Patent Cooperation Treaty, PCT) der World Intellectual Property Organization (WIPO) oder direkt am Europäischen Patentamt angemeldet wurden (sogenannte transnationale Patente). Vgl. Kroll et al. (2022).
- 157** Da die EPO PATSTAT-Datenbank die aktuellen Jahre noch nicht vollständig beinhaltet, wird der Zeitraum auf das Jahr 2018 limitiert, um aussagekräftige Ländervergleichsanalysen durchführen zu können.
- 158** Die relative Handelsbilanz errechnet sich wie folgt: Exporte/Importe – 1.
- 159** Die den Handelsdaten zugrunde liegenden Gütergruppen lassen sich nicht trennscharf den einzelnen Schlüsseltechnologien zuordnen. Die Ergebnisse sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden. Vgl. Kroll et al. (2022).
- 160** Die den Handelsdaten zugrunde liegenden Gütergruppen lassen sich nicht trennscharf den einzelnen Schlüsseltechnologien zuordnen. Die Ergebnisse sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden. Vgl. Kroll et al. (2022).
- 161** Grundsätzlich sind die Importdaten mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren. Da ein Produkt dem Land zugerechnet wird, in dem es zuletzt registriert bzw. verzollt wurde, können große Handels- und Umschlagplätze die Länderzuordnung verzerren.
- 162** Vgl. Kroll et al. (2022).
- 163** Vgl. Rühlig (2021: 34ff.) und Hoffer und Sander (2021).
- 164** Vgl. Kroll et al. (2022).
- 165** Vgl. Kroll et al. (2022).
- 166** Vgl. Kroll et al. (2022) und Frietsch et al. (2018: 14 ff.).
- 167** Vgl. EFI (2020: Kapitel B 3).
- 168** Vgl. <https://merics.org/de/merics-briefs/china-staerkt-instrumente-zur-abwehr-westlicher-sanktionen-und-schwarzer-listen> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und <https://www.handelsblatt.com/politik/international/handelspolitik-das-china-risiko-deutsche-unternehmen-geraten-immer-staerker-zwischen-geopolitische-fronten/27134454.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 169** Vgl. Edler et al. (2021: 2) und Edler et al. (2020: 4).
- 170** Vgl. BMBF (2021b).
- 171** Vgl. BMBF (2021a), March und Schieferdecker (2021) und Schieferdecker und March (2020).
- 172** „Unter technologischer Souveränität versteht das BMBF den Anspruch und die Fähigkeit zur kooperativen (Mit-)Gestaltung von Schlüsseltechnologien und technologiebasierten Innovationen. Dies umfasst die Fähigkeiten, Anforderungen an Technologien, Produkte und Dienstleistungen entsprechend der eigenen Werte zu formulieren, Schlüsseltechnologien entsprechend dieser Anforderungen (weiter) zu entwickeln und herzustellen sowie Standards auf den globalen Märkten mitzubestimmen.“ BMBF (2021a).
- 173** Vgl. BMBF (2021a).
- 174** Vgl. <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2021/07/04-im-fokus.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).

- 175 Vgl. BMWi (2019) und Bundesregierung (2020).
- 176 Darunter fallen beispielsweise die KI-Strategie und die nationale Bioökonomiestrategie.
- 177 Vgl. Bundesregierung (2018).
- 178 Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/rahmenprogramm-mikro-elektronik-1809842> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und BMWi (2021b).
- 179 Die KET-Förderbereiche wurden 2009 von der Europäischen Kommission festgelegt und in den Folgejahren weiter präzisiert. Eine konkrete Umsetzung der Förderung von Schlüsseltechnologien wurde im Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 implementiert. Vgl. Kroll et al. (2022), Europäische Kommission (2009b), Europäische Kommission (2012) und <https://www.horizont2020.de/einstieg-neuerungen.htm> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 180 Vgl. Kroll et al. (2022).
- 181 Bisher wurden 38 solcher Partnerschaften vorgeschlagen, u. a. zum Thema High Performance Computing (9), digitale Schlüsseltechnologien (19), smarte Netzwerke und Dienstleistungen (11), künstliche Intelligenz, Daten und Robotik (12), Photonik (13) sowie diskrete Fertigungstechnologien (15). Vgl. Europäische Kommission (2019a).
- 182 IPCEIs sind Förderprojekte von strategischem Interesse, die mindestens zwei Mitgliedstaaten einbeziehen, aber die Wettbewerbsfähigkeit und Wertschöpfung der gesamten EU stärken sollen.
- 183 Vgl. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/FAQ/IPCEI/faq-ipcei.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 184 Dazu sollen u. a. internationale Partnerschaften diversifiziert, Industrieallianzen geschlossen sowie strategische Abhängigkeiten überwacht werden. Vgl. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_de (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 185 Vgl. Europäische Kommission (2021a) und Europäische Kommission (2021e).
- 186 Vgl. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy/depth-reviews-strategic-areas-europes-interests_de (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 187 Vgl. Kroll et al. (2022), Europäische Kommission (2021d) und Europäische Kommission (2021f).
- 188 Vgl. Europäische Kommission (2021a) und Kroll et al. (2022).
- 189 Das Vorgehen Chinas ist durch sehr ambitionierte Zielsetzungen und langfristig ausgelegte Pläne gekennzeichnet. Ein bekanntes Beispiel dafür ist – neben den Fünfjahresplänen und der Belt and Road Initiative – der strategische Plan Made in China 2025, der u. a. den massiven Ausbau von Schlüsseltechnologien vorsieht. Insgesamt werden zehn Schlüsselindustrien definiert: IKT, Werkzeugmaschinen und Robotik, grüne Energie und Elektromobilität, Luft- und Raumfahrttechnologie, Schiffsbau- und Meerestechnik, Biomedizin und medizinische Geräte sowie Maschinen für die Landwirtschaft. Vgl. Kroll et al. (2022) und Zenglein und Holzmann (2019).
- 190 Vgl. EFI (2020: Kapitel B 3), Zenglein und Holzmann (2019) und Kroll et al. (2022).
- 191 Vgl. Rühlig (2021: 64ff.) und Hoffer und Sander (2021).
- 192 Vgl. Kroll et al. (2022).
- 193 Vgl. Shi-Kupfer und Ohlberg (2019) und Kroll et al. (2022).
- 194 Vgl. Kroll et al. (2022) und Bardt et al. (2019).
- 195 KI: National AI Initiative; Nanotechnologie: National Nanotechnology Initiative; Robotik: National Robotics Initiative; Fertigungstechnologie: Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing, Advanced Manufacturing Initiative, Advanced Manufacturing Partnership. Vgl. Kroll et al. (2022).
- 196 Vgl. Coka et al. (2020).
- 197 Auch unter der Biden-Administration bleiben rund zwei Drittel der US-Importe aus China mit hohen Zusatzzöllen belegt. Vgl. Kolev und Matthes (2021). Die USA haben darüber hinaus Export- und Technologietransferbeschränkungen gegenüber China verhängt, indem zahlreiche chinesische Unternehmen auf die sogenannte Entity List gesetzt wurden. Damit ist für jeden Export, Re-Export oder Transfer von Technologie, Waren oder Software, die der Ausfuhrkontrolle unterliegen, eine Genehmigung erforderlich, wenn eines der auf dieser Entity List genannten Unternehmen an der Transaktion beteiligt ist. Vgl. Kroll et al. (2022) und <https://www.federalregister.gov/documents/2020/12/22/2020-28031/addition-of-entities-to-the-entity-list-revision-of-entry-on-the-entity-list-and-removal-of-entities> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).

B 2

- 198 Der MIV hatte 2019 einen Anteil von 69 Prozent an den zurückgelegten Kilometern je Tag und Person. Vgl. Ecke et al. (2020).

- 199 Die Studie verwendet den in Life-Cycle-Analysen üblichen Cut-off-Ansatz, nach dem für alle verwendeten Primärmaterialien die vollen Umweltbelastungen berücksichtigt werden, während die Umweltlasten der Sekundärmaterialien nicht berücksichtigt werden. Am Lebensende werden dann die Belastungen aus der Abfallbehandlung bilanziert und keine Gutschriften für zurückgewonnene Sekundärmaterialien erteilt. Vgl. Wietschel et al. (2022).
- 200 Synthetische Kraftstoffe bezeichnen flüssige kohlenstoffhaltige Kraftstoffe, die durch Umwandlung eines festen oder gasförmigen Energieträgers, wie Biomasse oder Strom und Wasser, entstehen. Vgl. <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/kraftstoffe#c20258> (letzter Abruf 14. Januar 2022).
- 201 Vgl. Fehrenbach (2019).
- 202 Neben dem Full-Hybrid wird weiterhin in Micro- und Mild-Hybrid unterschieden. Beim Micro-Hybrid unterstützt ein Generator die Motorenstartvorgänge der Start-Stopp-Automatik. Zudem haben diese Fahrzeuge ein Bremsenergie-Rückgewinnungssystem. Beim Mild-Hybrid wird elektrische Energie vor allem genutzt, um das Anfahren zu unterstützen. Diese Fahrzeuge sind teilweise in der Lage, sehr kurze Strecken rein elektrisch zu fahren.
- 203 Vgl. <https://www.quarks.de/technik/mobilitaet/so-unterschiedlich-koennen-hybrid-autos-sein/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 204 Vgl. <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/hybridantrieb/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 205 Vgl. <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/wasserstoffauto-so-funktioniert-es/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 206 Die Annahmen der Studie implizieren, dass insbesondere Verbesserungen im Herstellungsprozess von Batterien durch gestiegene Ladekapazitäten ausgeglichen werden. Die Reduktion im Treibhausgasausstoß ist also lediglich auf den zugunsten der erneuerbaren Energien veränderten Energiemix zurückzuführen.
- 207 Solange nicht ausschließlich erneuerbarer Strom bei alternativen Kraftstoffen und Antriebssystemen eingesetzt wird.
- 208 Vgl. UBA (2013).
- 209 In einer Sensitivitätsanalyse berechnet die Studie ebenfalls die Emissionen über die Lebensdauer eines BEV unter Berücksichtigung einer Ersatzbatterie. Auch hier sinken die Gesamtemissionen noch um 39 Prozent.
- 210 Plötz et al. (2021) zeigen, dass bei tatsächlichem Fahrverhalten die THG zwei- bis viermal höher liegen als die theoretischen Werte bei optimaler Nutzung.
- 211 Diese Ergebnisse finden sich in ähnlicher Form in früheren Studien wie Bieker (2021) oder Agora Verkehrswende (2019). Buchal et al. (2019) heben den unterstellten Strommix als zentrale Größe für die Vorteilhaftigkeit von BEV hervor. VDI (2020) diskutieren den Standort der Batterieherstellung auf die relative Vorteilhaftigkeit von BEV und zeigen, dass sich eine chinesische Batterieherstellung negativ auswirken kann.
- 212 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#entwicklung-seit-1990> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 213 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25#emissionsentwicklung> und <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10#emissionsentwicklung> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 214 Vgl. Krail et al. (2021).
- 215 Dies liegt u.a. an den höheren NO_x - und vor allem Feinstaubemissionen bei der Herstellung von Batterien und Brennstoffzellen. Ebenfalls einen relevanten Einfluss auf die gesamten NO_x - und Feinstaubemissionen hat die Stromerzeugung. Am schlechtesten schneiden beim jetzigen und für 2030 unterstellten Strommix daher konventionelle Pkw mit synthetischen Kraftstoffen ab, da hier die Kraftstoffherstellung große Mengen an Strom benötigt.
- 216 Daten des Umweltbundesamtes zeigen, dass die Konzentrationen von NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ in verkehrsnahen und in städtischen Regionen deutlich höher sind als in ländlichen Regionen. Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/feinstaub-belastung#feinstaubkonzentrationen-in-deutschland> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 217 Vgl. Göbel (2012), <https://www.elektroniknet.de/power/energiespeicher/beginn-des-post-lithium-zeitalters.189315.html> und <https://www.dw.com/de/natrium-statt-lithium-die-akkus-der-zukunft/a-54512116> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 218 U.S. Geological Survey (2021) schätzt die weltweiten Platinreserven auf 100 Tausend Tonnen, die Kobaltreserven auf 25 Millionen Tonnen und die Lithiumreserven auf 86 Millionen Tonnen. Die

Studie ermittelt für FCEV einen Bedarf an Platin von 49 Gramm je Fahrzeug sowie für BEV einen Bedarf an Lithium und Kobalt von 6,1 bzw. 9,7 Kilogramm je Fahrzeug. Bereits 2015 lag die Anzahl an Pkw weltweit bei knapp einer Milliarde mit steigendem Trend. Nimmt man diese Zahl und die aktuelle Technologie und unterstellt einen Antriebswechsel zu FCEV, würde dies die weltweit verfügbaren Platinreserven um 49 Prozent reduzieren. Ein Austausch aller Pkw in BEV würde die Kobaltreserven an Land um 39 Prozent und die Lithiumreserven um 7 Prozent senken.

- 219 Vgl. <https://www.dw.com/de/natrium-statt-lithium-die-akkus-der-zukunft/a-54512116> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und <https://www.elektroniknet.de/power/energiespeicher/beginn-des-post-lithium-zeitalters.189315.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 220 Vgl. Vekic (2020) und <https://www.princeton.edu/news/2019/06/17/hydrogen-fuel-cells-mundane-materials-might-be-almost-good-pricey-platinum> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 221 Neben Nickel-Mangan-Kobalt-(NMC-)Batterien könnten auch Batterien aus Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) oder Lithium-Nickel-Mangan-Oxid (LNMO) eingesetzt werden, die kein Kobalt benötigen.
- 222 Steuern, Abgaben und Subventionen gehen nicht in die Rechnung ein, da sie aus volkswirtschaftlicher Perspektive lediglich Transfers zwischen Haushalten, Unternehmen und Staat darstellen.
- 223 Dies ändert sich auch nicht, wenn man bei der Analyse für 2020 einen Anteil von 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien unterstellt. Unter dieser Voraussetzung steigen die TCO für BEV wegen der damit verbundenen höheren Energiekosten leicht an. Bei FCEV und insbesondere bei mit synthetischen Kraftstoffen betriebenen Fahrzeugen wirken sich die höheren Energiekosten aufgrund der niedrigeren Effizienz der gesamten Umwandlungskette noch ungünstiger auf die TCO aus.
- 224 Bei PHEV fußen die hohen Minderungskosten auf der Annahme, dass bei Fahrten mit dem Verbrennungsmotor zu 100 Prozent synthetische strombasierte Kraftstoffe zum Einsatz kommen.
- 225 Petrakis et al. (1997) zeigen, dass rein unternehmensinterne Kostendegressionen durch Learning by Doing kein Marktversagen darstellen und somit keine Subventionen rechtfertigen. Fischer und Newell (2008) und Reichenbach und Requate (2012) zeigen allerdings, dass bei Learning-Spillovers Subventionen wohlfahrtssteigernd sein können.
- 226 Vgl. KBA (2021a).
- 227 Ein Reboundeffekt entsteht, wenn ein verbrauchsärmeres Fahrzeug häufiger genutzt wird als ein verbrauchsintensives. Frondel und Vance (2018) schätzen Reboundeffekte durch Emissionsstandards im Verkehr von bis zu 70 Prozent.
- 228 Die Mehrwertsteuer wirkt sich dabei neutral aus, da sie das Kostenverhältnis zwischen Fahrzeugen mit verschiedenen Antriebsarten nicht verändert.
- 229 Es muss jedoch bedacht werden, dass Autofahren weitere Externalitäten hervorruft, etwa den Ausstoß anderer Schadstoffe, hauptsächlich NO_x und Feinstaub, und außerdem den Zeitverlust durch Stauexternalitäten sowie Unfallrisiken birgt. Benzin- und Dieselsteuer sind also gemessen an der Summe der Externalitäten noch zu niedrig.
- 230 Eine höhere Besteuerung von Kraftstoffen, um auch die externen Kosten etwa von NO_x - und Feinstaub-Emissionen zu berücksichtigen, ist nach wie vor keine erstbeste Lösung, da vor allem der NO_x -Ausstoß vom Fahrverhalten abhängt. Den NO_x -Ausstoß direkt zu messen und zu besteuern, wäre allerdings technisch zu aufwendig.
- 231 Stremersch et al. (2007) zeigen darüber hinaus am Beispiel von Hard- und Software, dass indirekte Netzwerkeffekte durchaus asymmetrisch sein können. Die Verbesserung von Hardware als Infrastruktur befördert neue Softwareanwendungen. Umgekehrt gilt dies nicht.
- 232 Vgl. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Alternative-Kraftstoffe/ladeinfrastruktur.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 233 Vgl. Monopolkommission (2021b: 6 ff.).
- 234 Vgl. <https://h2.live/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 235 Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) ist ein Trägeröl mit hohem Speichervermögen für Wasserstoff. Zur Beschreibung der Technologie vgl. Teichmann et al. (2011) und Modisha et al. (2019).
- 236 Transnationale Patentanmeldungen umfassen Patente, die beim Europäischen Patentamt (EPA) und/oder als internationale Anmeldungen bei der World Intellectual Property Organisation (WIPO) angemeldet wurden. Vgl. Frietsch und Schmoch (2010). Der Beobachtungszeitraum für Patentanmeldungen endet im Jahr 2017, da die für die Auswertung relevante Zuordnung von Cooperative Patent Classification-(CPC-)Klassifizierungen erst beim Eintritt in die nationale Phase der Patentanmeldung durch das EPA bzw. das United States Patent and Trademark Office (USPTO) erfolgt und daher mit einer Verzögerung von ca. 18 Monaten verbunden ist. Somit ist

- kein aussagekräftiger Ländervergleich der Patentaktivitäten im Bereich alternativer Antriebe in den aktuelleren Jahren möglich.
- 237 Vgl. Sievers und Grimm (2022).
- 238 Dieser Trend steigender Patentanmeldungen bei alternativen Antrieben setzt sich auch im Jahr 2018 und 2019 bei Patentanmeldungen mit Wirkung für Deutschland fort, wie Zahlen des Deutschen Patent- und Markenamts zeigen. Vgl. DPMA (2020).
- 239 Der ausgeprägte Peak von Japans Patentanmeldungen im Jahr 2011 kann in der Vorreiterrolle Japans und einem damit einhergehenden frühen Höhepunkt der dortigen Patentaktivität sowie in einem Kurswechsel der Patentierungsstrategie Toyotas, die in den letzten Jahren verstärkt auf eine Anwendung von Toyotas Technologien durch andere Automobilhersteller abzielt, begründet sein.
- 240 Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf Festland-China ohne Taiwan.
- 241 Die hier berechneten normierten RPA messen den normierten Quotienten aus dem nationalen Anteil an den globalen Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebstechnologien und dem nationalen Anteil an den globalen Patentanmeldungen im Bereich aller Antriebstechnologien. Die normierten RPA sind definiert als der mit 100 multiplizierte hyperbolische Tangens des natürlichen Logarithmus des beschriebenen Quotienten. Somit sind die betrachteten RPA auf den Wertebereich von – 100 (keine Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebstechnologien) bis + 100 (alle Patentanmeldungen im Bereich alternativer Antriebstechnologien) normiert.
- 242 Die neuesten Zahlen vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) zu monatlichen Neuzulassungen im Jahr 2021 deuten darauf hin, dass sich die Entwicklung zu einem höheren Marktanteil alternativer Antriebstypen in Deutschland fortsetzt. Im Zeitraum von Januar bis Oktober 2021 machten Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb zusammen 24 Prozent der Pkw-Neuzulassungen aus. Vgl. KBA (2021b).
- 243 Vgl. Deutscher Bundestag (2021a), <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/neue-kraftstoffe-und-antriebe-994216> und <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Alternative-Kraftstoffe/foerderung-von-fahrzeugen.html> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 244 Vgl. Henning et al. (2019).
- 245 Vgl. Krail et al. (2019).
- 246 Vgl. Agora Verkehrswende (2020).
- 247 In der Energieökonomik bezeichnet ein Reboundeffekt die Besonderheit, dass erwartete Energieeinsparungen durch Effizienzsteigerungen nicht vollumfänglich eintreten.
- 248 Aufgrund der geringen Anzahl von Patentanmeldungen vor 2005 wurde dieser Betrachtungszeitraum gewählt.
- 249 Die Entwicklung steigender Patentanmeldungen bei automatisiertem und autonomem Fahren mit Wirkung für Deutschland setzt sich 2019 fort, wie Zahlen des DPMA zeigen. Vgl. DPMA (2020).
- 250 Es gibt in Deutschland aktuell 26 Testfelder, die im Rahmen eines vom BMVI in Auftrag gegebenen Testfeldmonitorings erfasst werden. In diesen Testfeldern wird in über 140 Projekten aus Deutschland und der EU Forschung im Bereich des automatisierten und vernetzten Fahrens erprobt. Im Fokus stehen hierbei Testbetriebe von automatisierten Fahrzeugen und die Weiterentwicklung der Sicherheit automatisierter Fahrzeugtechniken sowie der entsprechenden Elektronik und Sensorik. Einige Testfelder dienen darüber hinaus der Erprobung der IKT-Infrastruktur zur Vernetzung von automatisierten Fahrzeugen sowie der Erprobung von Mobilitätskonzepten mit automatisierten Fahrzeugen im Rahmen von ÖPNV-Modellen. Vgl. https://www.testfeldmonitor.de/Testfeldmonitoring/DE/Home/home_node.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 251 Vgl. Bundesregierung (2015).
- 252 Vgl. BMBF (2021c).
- 253 Vgl. <https://www.jdsupra.com/legalnews/germany-takes-the-lead-with-a-new-law-7746782/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und Koller und Matawa (2020).
- 254 In einigen US-Bundesstaaten wie Kalifornien und Nevada sind bereits zwischen 2011 und 2013 gesetzliche Regelungen zum Testbetrieb von automatisierten und autonomen Fahrzeugen in Kraft getreten. Im gleichen Zeitraum stiegen die Patentanmeldungen der USA im Bereich autonomen Fahrens stark an (s. Abbildung B 2-12). Vgl. Dudenhöfer und Schneider (2015) und <https://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 255 Bisher gibt es noch keine Zulassungsanträge für Fahrzeuge, die nach den gesetzlichen Voraussetzungen der Automatisierungsstufe 4 entsprechen. Vgl. <https://www.automotiveit.eu/technology/autonomes-fahren/welcher-autobauer-hat-beim-autonomen-fahren-die-nase-vorn-124.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und NPM (2021).
- 256 Vgl. Ecke et al. (2020) und <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen->

- Konsum-Lebensbedingungen/Ausstattung-Gebrauchsgüter/Tabellen/liste-fahrzeuge-d.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 257 Vgl. z.B. Gsell et al. (2016), Schmitt et al. (2017), Hagen und Rückert-John (2016) und <https://www.nzz.ch/wirtschaft/wirtschaftspolitik/sharing-economy-wi-bildlegende-ld.86383> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 258 Plattformen für eine bessere Auslastung des eigenen Pkw gibt es schon lange, zunächst in Form von Schwarzen Brettern. Inzwischen existieren viele digitale Varianten davon im Netz, deren Vorteil eine größere Anzahl potenzieller Matches ist. Für einen umfassenden Überblick über verschiedene multimodale und intermodale Mobility-as-a-Service-Plattformen, auf die in diesem Gutachten nicht näher eingegangen werden kann. Vgl. <https://boydcohen.medium.com/the-maas-monetization-matrix-by-iomoba8cc17be5aa> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 259 Vgl. Rube et al. (2020).
- 260 So ist ShareNow Nachfolger von DriveNow (BMW) und car2go (Daimler), WeShare ist Tochter des VW-Konzerns, während Ford Carsharing (Ford) mit Flinkster (DB) kooperiert. Start-ups wie Miles bieten ebenfalls stationsunabhängige Angebote an. Demgegenüber bieten Cambio, stadtmobil und teilAuto stationsgebundenes Carsharing an. Vgl. <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/carsharing-anbieter-von-share-now-we-share-bis-stadtmobil-im-vergleich-a-d1e2d2d4ce0b-4dc3-87c3-58a1aab303f3> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 261 Vgl. Rube et al. (2020).
- 262 Neben der VW-Tochter MOIA unterstützen die DB-Töchter ioki und CleverShuttle lokale ÖPNV-Anbieter als Partner beim Ausbau des Bedarfsverkehrs.
- 263 Vgl. Bundesregierung (2021e).
- 264 Der 25 Prozent bis 75 Prozent Perzentil-Bereich rangiert zwischen 5 und 38 Fahrzeugen je 100 Tausend Einwohner, 10 Prozent der betrachteten Städte haben 96 oder mehr Fahrzeuge je 100 Tausend Einwohner.
- 265 Zum Beispiel in Rehau (21), Dietzenbach (17,5) und Kiel sowie Düsseldorf (je 16).
- 266 Vgl. Doll und Krauss (2022).
- 267 Vgl. Doll und Krauss (2022).
- 268 Vgl. Doll und Krauss (2022) für eine detaillierte Szenarienbeschreibung sowie die Berechnung weiterer Szenarien.
- 269 Mitglieder des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) wiesen im Jahr 2018 einen Anteil von 40 Prozent des Gesamtaufwands für Personalaufwand aus. Demgegenüber machten Kraftstoffkosten nur 6 Prozent des Gesamtaufwands aus. Vgl. VDV (2020).
- 270 Coulombel et al. (2019) weisen solche Reboundeffekte sogar für jetzige Ridepooling-Angebote in Paris nach.
- 271 Vgl. Anas und Lindsey (2011).
- 272 Dies meint die Rückkehrpflicht, die räumliche und zeitliche Beschränkung des Dienstes und die Bündelungsquote im urbanen Raum. Die Bündelungsquote beschreibt die Beförderungsleistung im Verhältnis der zurückgelegten Personenkilometer zu den zurückgelegten Fahrzeugkilometern. Vgl. Bundesregierung (2021e).
- 273 Vgl. DICE (2021), MOIA GmbH (2021), BITKOM (2020) und VZBV (2021).
- 274 Die „Mobilithek“ ist der neue Nationale Zugangspunkt für Mobilitätsdaten, der den „Mobilitäts Daten Marktplatz“ und die mCloud im Frühjahr 2022 ersetzt. In der Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes ist bereits festgeschrieben, dass Mobilitätsdienstleister ihre erhobenen Daten über die Mobilithek Dritten zugänglich machen müssen. Während die Mobilithek eine staatliche Datenplattform ist, wird ein ähnliches Konzept der freien Wirtschaft im Datenraum Mobilität umgesetzt. Hier können Unternehmen ihre Mobilitätsdaten Dritten zur Verfügung stellen. Vgl. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mobilithek.html> und <https://emmett.io/article/mobilithek-nationaler-zugangspunkt-mobilitaetsdaten> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 275 Vgl. <https://www.lto.de/recht/kanzleien-unternehmen/k/novelle-pbefg-mobilitaetsatenverordnung-rechtswidrig-geheimnisse/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).

B 3

- 276 Vgl. Lerch et al. (2019).
- 277 Plattformen haben im Zuge der Digitalisierung an Bedeutung gewonnen, sind im Grunde aber kein neues Phänomen. Plattformen gab es schon immer, beispielsweise in Form von Wochenmärkten, Messen oder Börsen für Wertpapiere. Vgl. Haucap (2021: 426).
- 278 Vgl. Belleflamme und Peitz (2021: 29).
- 279 Vgl. Haucap (2021: 427) und Rochet und Tirole (2003) zur Ökonomie mehrseitiger Märkte.
- 280 Vgl. hier und im Folgenden Hoffmann et al. (2021: 6f.).
- 281 Vgl. hier und im Folgenden Belleflamme und Peitz (2021).

- 282 Vgl. Evans et al. (2011).
- 283 Zum Beispiel Bourreau und de Streel (2019) geben einen Überblick zu Verbundeffekten in digitalen Märkten.
- 284 Vgl. Chen et al. (2021: 3). Manche Autorinnen und Autoren bezeichnen Plattformökosysteme auch als Innovationsplattformen, siehe z. B. Cusumano et al. (2021). Davon – nicht ganz trennscharf – zu unterscheiden sind sogenannte Open-Innovation-Plattformen, deren explizites Ziel es ist, durch die Kooperation der Akteure Innovationen zu entwickeln.
- 285 Vgl. hier und im Folgenden Gawer und Cusumano (2008).
- 286 Vgl. hier und im Folgenden Hoffmann et al. (2021) und Cennamo und Santaló (2019).
- 287 Vgl. Jones und Tonetti (2020).
- 288 Siehe z. B. Agrawal et al. (2018) und Brynjolfsson et al. (2011).
- 289 Vgl. Haucap et al. (2020: 16).
- 290 Vgl. hier und im Folgenden Haucap et al. (2020: 16ff.) und Falck und Koenen (2020: 14f.).
- 291 Vgl. hier und im Folgenden Haucap et al. (2020: 16ff.) und Lerch et al. (2019: 5f.).
- 292 Vgl. hier und im Folgenden Hoffmann et al. (2021: 9) und Büchel et al. (2022: 31).
- 293 Vgl. hier und im Folgenden etventure GmbH (2020) und Hoffmann et al. (2021: 10).
- 294 Vgl. hier und im Folgenden <https://dih.telekom.net> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und Büchel et al. (2022).
- 295 Vgl. hier und im Folgenden <https://siemens.mindsphere.io/de> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 296 Vgl. hier und im Folgenden <https://siemens.mindsphere.io/de> (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und Friederici et al. (2020).
- 297 Vgl. hier und im Folgenden Friederici et al. (2020) und Falck und Koenen (2020).
- 298 Vgl. Falck und Koenen (2020: 23).
- 299 Diese Ergebnisse resultieren aus einer Unternehmensbefragung, die das ZEW im Rahmen der ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft durchgeführt hat. Befragt werden regelmäßig Unternehmen mit mindestens fünf Beschäftigten aus den Branchen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT, bestehend aus IKT-Hardware und IKT-Dienstleistungen), Mediendienstleistungen und wissensintensive Dienstleistungen (Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung, Public-Relations- und Unternehmensberatung, Architektur- und Ingenieurbüros, technische, physikalische und chemische Untersuchung, Forschung und Entwicklung, Werbung und Marktforschung sowie sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten). Alle genannten Branchen bilden zusammen den Wirtschaftszweig der Informationswirtschaft. Die Erhebung wurde um Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes erweitert. Hierunter fallen die Teilbranchen Chemie und Pharma, Maschinenbau, Fahrzeugbau sowie das sonstige Verarbeitende Gewerbe. Die Erhebung erfolgte im September 2021 im Rahmen einer kombinierten schriftlichen und onlinebasierten Befragung. Insgesamt beruhen die hochgerechneten Ergebnisse auf 730 verwertbaren Rückmeldungen aus der Informationswirtschaft und 455 Rückmeldungen aus dem Verarbeitenden Gewerbe. Um die Repräsentativität der Analysen zu gewährleisten, wurden die Antworten der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer durch das ZEW auf die Anzahl aller Unternehmen der betrachteten Branchen hochgerechnet. Für weitere Informationen zur ZEW Konjunkturumfrage vgl. <https://www.zew.de/publikationen/zew-gutachten-und-forschungsberichte/forschungsberichte/informationswirtschaft/zew-branchenreport-informationswirtschaft> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 300 Vgl. hier und im Folgenden Falck und Koenen (2020: 8 und 29f.).
- 301 Vgl. hier und im Folgenden Koenen und Heckler (2021: 11).
- 302 Vgl. VDMA und McKinsey & Company, Inc. (2020: 18).
- 303 Vgl. <https://www.crowdwox.com/de> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 304 Vgl. Sims und Woodard (2020).
- 305 Vgl. hier und im Folgenden Haucap (2021: 434).
- 306 Siehe z. B. Belleflamme und Peitz (2021: 235) oder Rietveld und Schilling (2021).
- 307 Siehe z. B. Crémer et al. (2019).
- 308 Ein Beispiel für Wettbewerb um den Markt in der Informations- und Kommunikationstechnikbranche ist IBMs führende Position auf dem Markt für Großrechner, die durch die Hardware von Intel und das Betriebssystem von Microsoft verdrängt wurden. Die Positionen von Intel und Microsoft wurden wiederum durch Anbieter von Tablets und Smartphones geschwächt. Siehe z. B. Büchel et al. (2022: 123ff.).
- 309 Vgl. Cabral (2021).
- 310 Vgl. Lerch et al. (2019: 42ff.).
- 311 Vgl. z. B. Jones und Tonetti (2020).
- 312 Vgl. z. B. Martens et al. (2020: 16).
- 313 Vgl. z. B. ERT (2021: 4).
- 314 Vgl. z. B. Crémer et al. (2019: 9) und Martens et al. (2020).
- 315 Daten- und IT-Sicherheitsbedenken werden auch in weiteren Umfragen von Unternehmen als eines

- der zentralen Hemmnisse für den Einsatz von B2B-Plattformen genannt. Vgl. etwa Lundborg und Gull (2019: 12) und Lerch et al. (2019: 32ff.). Für digitale Plattformen allgemein vgl. auch Nietan et al. (2020).
- 316** Vgl. auch Lerch et al. (2019: 34) und Haucap et al. (2020: 25f.).
- 317** Vgl. hier und im Folgenden Haucap et al. (2020: 68).
- 318** Vgl. Europäische Kommission (2020a: 7), IW Köln Consult GmbH (2019: 57ff.), Lundborg und Gull (2019: 12) und Haucap et al. (2020: 25).
- 319** Vgl. BMWi (2020).
- 320** Vgl. hier und im Folgenden EFI (2021), BMWi (2020) und Bundesregierung (2021b).
- 321** Vgl. hier und im Folgenden <https://catena-x.net/de/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 322** Vgl. SVR (2021: 345f.) und Bundesregierung (2021b).
- 323** Vgl. beispielsweise den GAIA-X Förderwettbewerb. Vgl. <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/Dateninfrastruktur-GAIA-X/gaia-x-foerderwettbewerb.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 324** Mittlerweile haben sich auch mehrere US-amerikanische und chinesische Unternehmen GAIA-X angeschlossen.
- 325** Vgl. Hoffmann et al. (2021: 22), Lerch et al. (2019: 30), Lundborg und Gull (2019: 12), SVR (2021: 332f.) und Haucap et al. (2020: 24f.).
- 326** Vgl. Bundesanzeiger (2021b).
- 327** Vgl. für eine Übersicht z.B. SVR (2021: 349).
- 328** In Deutschland wurden bereits im Jahr 2017 mehrere Änderungen im Kartellrecht vorgenommen, um die Marktmacht digitaler Plattformen besser zu erfassen. Insbesondere ist die Einführung weiterer Kriterien zur Bewertung der Marktstellung eines Unternehmens bei mehrseitigen Märkten und Netzwerken zu nennen (§ 18 Abs. 1 Nr. 3a GWB). Allerdings wurden marktmächtigen Unternehmen dadurch keine zusätzlichen Verhaltensmaßnahmen auferlegt. Vgl. Haucap (2021: 438f.).
- 329** Dabei sind die folgenden fünf Indikatoren zu berücksichtigen (§ 19a Abs. 1): 1. seine marktbeherrschende Stellung auf einem oder mehreren Märkten, 2. seine Finanzkraft oder sein Zugang zu sonstigen Ressourcen, 3. seine vertikale Integration und seine Tätigkeit auf in sonstiger Weise miteinander verbundenen Märkten, 4. sein Zugang zu wettbewerbsrelevanten Daten, 5. die Bedeutung seiner Tätigkeit für den Zugang Dritter zu Beschaffungs- und Absatzmärkten sowie sein damit verbundener Einfluss auf die Geschäftstätigkeit Dritter. Die Entscheidung ist auf fünf Jahre nach Eintritt der Bestandskraft zu befristen. Vgl. Bundesanzeiger (2021a) und Büchel et al. (2022: 110f.).
- 330** § 19a Abs. 2 GWB. Vgl. hier und im Folgenden Bundesanzeiger (2021a).
- 331** Vgl. https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2022/05_01_2022_Google_19a.html?nn=3591286 (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 332** § 18 Abs. 3b GWB bzw. § 18 Abs. 3 Nr. 3 GWB. Vgl. Bundesanzeiger (2021a) und Büchel et al. (2022: 110).
- 333** § 19 Abs. 2 Nr. 4 GWB bzw. § 20 Abs. 1a GWB. Konkret stellt das GWB-Digitalisierungsgesetz in § 20 Abs. 1a fest, dass sich eine Abhängigkeit auch daraus ergeben kann, dass ein Unternehmen für die eigene Tätigkeit auf den Zugang zu Daten angewiesen ist, die von einem anderen Unternehmen kontrolliert werden, und dass die Verweigerung des Zugangs zu solchen Daten gegen angemessenes Entgelt eine unbillige Behinderung darstellen kann. Vgl. Bundesanzeiger (2021a) und Büchel et al. (2022: 110).
- 334** Der Gesetzesvorschlag baut auf der aktuell in der Europäischen Union (EU) geltenden Plattform-to-Business-Verordnung (P2B-Verordnung) auf. Vgl. Büchel et al. (2022: 105f.).
- 335** Die Europäische Kommission hat im Jahr 2020 auch einen Vorschlag für ein Gesetz über digitale Dienste (Digital Services Act, DSA) vorgelegt. Dieser Vorschlag behandelt Fragen zum Umgang mit illegalen oder potenziell schädlichen Onlineinhalten und dem Schutz der Grundrechte der Nutzer im Internet. Vgl. Büchel et al. (2022: 104).
- 336** Ein Unternehmen gilt als Gatekeeper, wenn es alle der drei folgenden Kriterien erfüllt: 1. Es muss eine Größe erreicht haben, die sich erheblich auf den Binnenmarkt auswirkt; 2. Es muss einen zentralen Plattformdienst kontrollieren, der geschäftlichen Nutzern als wichtiges Zugangstor zu Endverbrauchern dient; 3. Es muss hinsichtlich seiner Tätigkeiten über eine gefestigte und dauerhafte Position verfügen oder eine solche voraussichtlich bald erlangen. Diese Kriterien gelten als erfüllt, wenn ein Unternehmen bestimmte Schwellenwerte erreicht oder wenn die Europäische Kommission im Rahmen einer Marktuntersuchung basierend auf einer fallbezogenen qualitativen Beurteilung zu diesem Ergebnis kommt. Für die konkreten Schwellenwerte vgl. Europäische Kommission (2020c).
- 337** Für Beispiele von wettbewerbsverzerrenden Praktiken durch Plattformbetreiber vgl. z.B. SVR (2021: 334).

- 338 Für die vollständige Liste der Verpflichtungen vgl. Europäische Kommission (2020c).
- 339 Vgl. Europäische Kommission (2020c).
- 340 Die Europäische Kommission kann zudem Zwangsgelder von bis zu fünf Prozent des durchschnittlichen Tagesumsatzes verhängen. Vgl. Europäische Kommission (2020c).
- 341 Diese zusätzlichen Maßnahmen können nach einer Marktuntersuchung auferlegt werden, müssen in einem angemessenen Verhältnis zum begangenen Verstoß stehen und notwendig sein, um die Einhaltung des DMA zu erreichen. Strukturelle Maßnahmen dürfen nur auferlegt werden, wenn es keine ebenso wirksame verhaltensbezogene Abhilfemaßnahme gibt oder wenn eine solche belastender wäre als eine strukturelle Maßnahme. Vgl. Büchel et al. (2022: 108f.) und Europäische Kommission (2020c).
- 342 Für die Abänderungen des Europäischen Parlaments zu dem vorgeschlagenen Gesetz über digitale Märkte vgl. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0499_DE.pdf und <http://www.fiw-online.de/de/aktuelles/aktuelles/eu-europaeisches-parlament-nimmt-text-zum-digital-markets-act-dma-im-plenum-an> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022). Der Rat der EU hat sich im Oktober 2021 bereits auf einen Gesetzentwurf geeinigt. Der Kompromissvorschlag der EU-Staaten unterscheidet sich jedoch nicht wesentlich von dem ursprünglichen Gesetzentwurf. Für eine Übersicht über die Änderungen des Rats gegenüber dem ursprünglichen Vorschlag der Europäischen Kommission vgl. <https://cdn.netzpolitik.org/wp-upload/2021/10/Council-DMA-Third-Compromise-Oct-12-2021.pdf> (letzter Abruf am 14. Januar 2022). Über die finale Ausgestaltung des DMA soll in Trilog-Verhandlungen zwischen dem Europäischen Parlament, dem Rat der EU und der Europäischen Kommission im ersten Halbjahr 2022 entschieden werden.
- 343 Der Parlamentsentwurf hat den Schwellenwert für das Größenkriterium von mindestens 6,5 Milliarden Euro Jahresumsatz in den vergangenen drei Geschäftsjahren im Europäischen Wirtschaftsraum auf acht Milliarden Euro und die durchschnittliche Marktkapitalisierung eines Unternehmens von 65 Milliarden Euro auf 80 Milliarden Euro angehoben. Gleichzeitig hat das Parlament aber die Liste der zentralen Plattformdienste um Webbrowser, virtuelle Assistenten und vernetzte Fernsehgeräte erweitert. Vgl. <https://cdn.netzpolitik.org/wp-upload/2021/10/Council-DMA-Third-Compromise-Oct-12-2021.pdf> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 344 Vgl. <https://www.euractiv.de/section/innovation/news/eu-parlament-beschliesst-verordnung-gegen-internet-riesen/> und <https://cdn.netzpolitik.org/wp-upload/2021/10/Council-DMA-Third-Compromise-Oct-12-2021.pdf> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 345 Vgl. hier und im Folgenden Larouche und de Streeck (2021: 6).
- 346 Vgl. <https://www.gisreportsonline.com/r/digital-markets-act/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 347 Vgl. hier und im Folgenden Monopolkommission (2021a: 47ff.) und de Streeck et al. (2021: 33f.).
- 348 Vgl. Franck und Peitz (2021: 24).
- 349 Vgl. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0499_DE.pdf (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 350 Vgl. EFI (2019: 53f.).
- 351 Vgl. Europäische Kommission (2020c) und Franck und Peitz (2021: 22).
- 352 Für eine Übersicht vgl. SVR (2021: 345ff.).
- 353 Die PSI-Richtlinie ist in Deutschland im Juni 2021 durch die Änderung des E-Government-Gesetzes (EGovG) und die Einführung des Gesetzes für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (DNG) in nationales Recht umgesetzt worden. Die Bundesregierung hat im Jahr 2021 außerdem auf Basis des Open-Data-Gesetzes 2.0 eine Open-Data-Strategie verabschiedet, deren Ziel die verstärkte Bereitstellung und Nutzung von Daten ist. Vgl. Büchel et al. (2022: 142f.) und Europäische Kommission (2019b).
- 354 Vgl. Europäische Kommission (2020d). Die Einführung von Datentreuhändermodellen ist auch in der im Januar 2021 vorgelegten Datenstrategie der Bundesregierung als Maßnahme verankert und fand Eingang in den Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung. Vgl. Bundesregierung (2021b: 34) und SPD et al. (2021: 17).
- 355 Eine weitere avisierte Maßnahme zur Erhöhung der Datenverfügbarkeit ist die Stärkung der freiwilligen Datenbereitstellung durch Einzelpersonen oder Unternehmen (Datenaltruismus). Hierzu sollen sich Einrichtungen, die Daten sammeln und verarbeiten, die für altruistische Zwecke zur Verfügung gestellt wurden, freiwillig prüfen und offiziell eintragen lassen können. Vgl. Europäische Kommission (2020d).
- 356 Der konkrete Inhalt des geplanten Datenrechtsakts ist in weiten Teilen noch offen. Ein Verordnungsentwurf ist für das erste Quartal 2022 geplant. Vgl. hier und im Folgenden <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiative>

- ves/13045-Data-Act-&-amended-rules-on-the-legal-protection-of-databases_en (letzter Abruf am 14. Januar 2022) und Europäische Kommission (2021b).
- 357** Vgl. Europäische Kommission (2020b). Auch in der im Januar 2021 vorgelegten Datenstrategie der Bundesregierung sowie im Koalitionsvertrag ist der Aufbau von Datenräumen vorgesehen. Um die Potenziale von Daten zu heben, werden im Koalitionsvertrag weitere Maßnahmen wie etwa der Aufbau von Dateninfrastrukturen, die Einführung eines Dateninstituts, das die Datenverfügbarkeit und -standardisierung vorantreibt, sowie die Verbesserung des Zugangs zu Daten für Unternehmen avisiert. Vgl. Bundesregierung (2021b) und SPD et al. (2021).
- 358** Vgl. Europäische Kommission (2011) und Haucap et al. (2020: 71f.) sowie speziell zu den Vorteilen und Hürden des Datenteilens Martens et al. (2020) und ERT (2021).
- 359** Zu den Hardcore-Vereinbarungen zählen insbesondere Preisabsprachen, Vereinbarungen über die Aufteilung von Märkten, Mengenabsprachen, Vereinbarungen über Kapazitäten sowie Absprachen über Einschränkungen des technologischen Fortschritts.
- 360** Vgl. Europäische Kommission (2011).
- 361** Vgl. <http://www.fiw-online.de/de/aktuelles/aktuelles/eu-kommission-veroeffentlicht-ergebnisse-der-evaluierung-der-horizontalen-regelungen-gruppenfreistellungserklaerungen-und-leitlinien> und <http://www.fiw-online.de/de/aktuelles/aktuelles/eu-kommission-konsultiert-zu-horizontal-gruppenfreistellungsverordnungen-und-den-zugehoerigen-leitlinien> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 362** Vgl. Bundesanzeiger (2021a).
- 363** Vgl. auch Haucap et al. (2020: 71f.) und Haucap (2021: 447).
- B 4**
- 364** Vgl. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021: 8).
- 365** Vgl. Bratan et al. (2022: 9) und SVR Gesundheit (2021: XXIX).
- 366** Für eine Übersicht der Studien vgl. Bratan et al. (2022: 13).
- 367** Vgl. Bratan et al. (2022: 17).
- 368** Vgl. <https://www.bdlev.de/news/15/643967/presse-mitteilungen/melde-und-dateninfrastrukturen-der-gesundheits-C3%A4mter-verbessern-und-ver-einheitlichen!.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 369** Vgl. acatech, Körber-Stiftung, Universität Stuttgart (2021: 23).
- 370** Vgl. SVR Gesundheit (2021: 18f.).
- 371** Vgl. Deutscher Bundestag (2003).
- 372** Vgl. Bratan et al. (2022: 24) und SVR Gesundheit (2021: 31).
- 373** Vgl. Deutscher Bundestag (2003).
- 374** Darüber hinaus wurde die Kassenärztliche Bundesvereinigung beauftragt, neben der Festlegung der Inhalte der ePA auch deren Interoperabilität zu gewährleisten und so einen friktionslosen und effizienten Austausch digitaler Informationen zwischen den Akteuren des Gesundheitssystems zu ermöglichen. Vgl. Deutscher Bundestag (2019b).
- 375** Auch wurde die vertragsärztliche Versorgung im Rahmen des Gesetzes verpflichtet, sich bis zum 30. Juni 2021 mit den notwendigen Komponenten und Diensten auszustatten, um einen Zugriff auf die ePA zu ermöglichen. Vgl. Deutscher Bundestag (2019a). Weitere Informationen zur vertragsärztlichen Versorgung vgl. https://www.aok-bv.de/hintergrund/dossier/aerztliche_versorgung/ (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 376** Die konkrete Umsetzung der gesetzlichen Ausführung inklusive der Anforderungen der Prüfung der Erstattungsfähigkeit von DiGA regelt die im April 2020 vom Bundesgesundheitsministerium erlassene Digitale-Gesundheitsanwendungen-Verordnung. Vgl. Bundesministerium für Gesundheit (2020).
- 377** Um die Leistungen über die Krankenkassen abrechnen zu können, müssen sichere Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt werden. Vgl. Deutscher Bundestag (2019a).
- 378** Vgl. Deutscher Bundestag (2020).
- 379** Zu den weiteren dezentralen Komponenten zählen u. a. Smartcards wie die elektronische Gesundheitskarte oder der elektronische Heilberufsausweis.
- 380** Die TI-Anwendung Kommunikation im Medizinwesen (KIM) ermöglicht den sicheren elektronischen Datenaustausch zwischen registrierten, authentifizierten Nutzern der TI. Mit KIM können Nachrichten und Dokumente schnell, zuverlässig und sicher per E-Mail ausgetauscht werden. Der Versand von behandlungs-, therapie- und abrechnungsrelevanten Daten wie Arztbriefen, Befunden oder Abrechnungen erfolgt über die TI. Ein weiteres Beispiel für zentrale Hard- und Softwarekomponenten sind Fachdienste wie der zentrale E-Rezept-Fachdienst. Vgl. <https://fachportal.gematik.de/anwendungen/kommunikation-im-medizinwesen/#c2826> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 381** Zu den verfügbaren Anwendungen der TI gehören darüber hinaus die elektronische Arbeitsunfähig-

- keitsbescheinigung, der elektronische Medikationsplan, das Notfalldatenmanagement, die qualifizierte elektronische Signatur, das Versichertenstammdatenmanagement und die Unterstützung weiterer elektronischer Anwendungen des Gesundheitswesens, der sichere Kommunikationsdienst Kommunikation im Medizinwesen sowie der TI-Messenger.
- 382** Der vollständige Titel bei der Gründung war gematik – Gesellschaft für Telematikanwendungen der Gesundheitskarte mbH. 2019 wurde sie im Zuge der Reform in gematik GmbH umbenannt. Als Gesellschafter der gematik wurden mit 50 Prozent der Geschäftsanteile die Spitzenverbände der Krankenkassen (ab 1. Juli 2008 Spitzenverband Bund der Krankenkassen), die Kassenärztliche Bundesvereinigung mit 15 Prozent, die Deutsche Krankenhausgesellschaft mit 12 Prozent, der Deutsche Apothekerverband mit acht Prozent, die Bundesärztekammer, die Bundeszahnärztekammer sowie die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung mit jeweils fünf Prozent berufen. Vgl. https://www.gkv-90prozent.de/ausgabe/05/kurzmeldungen/05_serie_gematik/05_serie_gematik.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 383** Unter anderem sollten zum 31. August 2018 alle ärztlichen Leistungserbringer an die TI angebunden sein. Als erste TI-Anwendung war die Einführung des Versichertenstammdatenmanagements vorgesehen. Vgl. hier und im Folgenden SVR Gesundheit (2021 31f.).
- 384** Vgl. <https://www.gematik.de/ueber-uns/gesetzlichegrundlagen> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 385** Vgl. gematik (2020a: 10).
- 386** Vgl. gematik (2020a: 12).
- 387** Unterstützt wird die gematik hierbei von einem interdisziplinären Expertengremium. Vgl. gematik (2020b) und <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/gesetze-und-verordnungen/guv-19-lp/gigv.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 388** Vgl. Bratan et al. (2022: 45).
- 389** Vgl. OECD (2019) und Campanella et al. (2016).
- 390** Vgl. SVR Gesundheit (2021: 78).
- 391** Vgl. Highfill (2019). Darüber hinaus legen die Ergebnisse einer Meta-Studie aus Großbritannien nahe, dass sich die Anschaffungskosten für eine ePA langfristig durch eine verbesserte Abrechnungsgenauigkeit amortisieren. Vgl. Priestman et al. (2018).
- 392** Vgl. Namulanda et al. (2018), Abul-Husn und Kenney (2019), Coorevits et al. (2013) und Cowie et al. (2017).
- 393** In dem im Jahr 2019 verabschiedeten Terminservice- und Versorgungsgesetz werden verbindliche Fristen zur Einführung der ePA gesetzt. Im 2020 in Kraft getretenen Patientendaten-Schutzgesetz werden Detailregelungen zur Einführung der ePA, wie beispielsweise das datenschutzrechtliche Zugriffsmanagement und die Nutzung für die Forschung, gesetzlich geregelt und konkretisiert. Vgl. Deutscher Bundestag (2019b).
- 394** Im Notfalldatensatz können Informationen zu Vorerkrankungen, verordneten Medikamenten und Allergien gespeichert werden. In medizinischen Not-situationen können diese von Leistungserbringern gelesen werden <https://gesund.bund.de/notfalldatensatz-nfd> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 395** Des Weiteren ist ein integrierter TI-Messenger vorgesehen, mit dem Patientinnen und Patienten direkt mit Ärztinnen und Ärzten in Kontakt treten können. Vgl. <https://fachportal.gematik.de/anwendungen/ti-messenger> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 396** Vgl. <https://www.zeit.de/digital/2021-12/elektronische-patientenakte-digitalisierung-gesundheitswesen-faq> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 397** Bei einem Opt-in-Verfahren handelt es sich um ein Verfahren, bei dem die betroffene Person explizit ihre aktive Zustimmung für den Zugriff und die Bearbeitung ihrer Daten erteilen muss.
- 398** Vgl. SVR Gesundheit (2021: 86).
- 399** Bei einem Opt-out-Verfahren handelt es sich um ein Verfahren, bei dem die betroffene Person dem Zugriff und der Bearbeitung ihrer Daten aktiv widersprechen muss.
- 400** Vgl. hier und im Folgenden Bratan et al. (2022: 38f.) und SVR Gesundheit (2021: 85f.).
- 401** Vgl. <https://www.elga.gv.at/elga-die-elektronische-gesundheitsakte/zahlen-daten-fakten/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 402** Vgl. Séroussi und Bouaud (2020).
- 403** Vgl. Bratan et al. (2022: 48).
- 404** Vgl. 118. Deutscher Ärztetag (2015).
- 405** Vgl. Mangiapane et al. (2020), Obermann et al. (2020) und Richter und Silberzahn (2021).
- 406** Vgl. u.a. Ekeland et al. (2010), Snoswell et al. (2021), van den Berg et al. (2012) und Timpel et al. (2020).
- 407** Vgl. Battineni et al. (2021).
- 408** Vgl. u.a. Marcin et al. (2016) und Zeltzer et al. (2021).
- 409** Vgl. Schuster et al. (2019).
- 410** Vgl. Merkel und Hess (2020).
- 411** Vgl. <https://www.kbv.de/html/videosprechstunde.php> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 412** Vgl. KVNO (2020), https://www.kbv.de/html/video_sprechstunde.php und <https://www.foerder>

- datenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Land/Niedersachsen/digitalisierung-im-gesundheitswesen.html (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 413 Vgl. Richter und Silberzahn (2021). Vor Einführung der DiGA im Rahmen des Digitale-Versorgung-Gesetzes beschränkte sich der vergütete Einsatz auf im Rahmen von Selektivverträgen, der Primärprävention, Hilfsmittelversorgung oder als neue Untersuchungs- und Behandlungsmethode erbrachten Einsatz. Vgl. SVR Gesundheit (2021: 177f.).
- 414 Vgl. https://www.bfarm.de/DE/Medizinprodukte/Aufgaben/DiGA/_node.html (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 415 Für eine dauerhafte Aufnahme sind weitere Nachweise zum positiven medizinischen Nutzen der DiGA bis zum Ablauf des Erprobungszeitraums von einem Jahr vorzulegen. Auch für vorläufig gelistete Anwendungen ist eine dauerhafte Aufnahme nach dem Erprobungszeitraum und dem Nachreichen der notwendigen Studien möglich. Vgl. BfArM (2021).
- 416 Vgl. <https://diga.bfarm.de/de/verzeichnis> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 417 Vgl. BKK Dachverband e.V. (2022). Zuvor wurde geschätzt, dass im ersten Jahr ihrer Verfügbarkeit rund 53.000 DiGA-Verordnungen ausgestellt oder beantragt wurden. Vgl. Urbanek (2021).
- 418 Vgl. SVR Gesundheit (2021: 167).
- 419 Vgl. Dahlhausen et al. (2021).
- 420 Vgl. Wangler und Jansky (2021).
- 421 Vgl. Schiedsstelle (2021).
- 422 Vgl. <https://fbeta.de/die-unangepassten-digas-bringen-frischen-wind-in-das-etablierte-verguetungssystem/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 423 Public Health ist definiert als die Wissenschaft und die Praxis der Verhinderung von Krankheiten, Verlängerung des Lebens und Förderung der Gesundheit durch organisierte Anstrengungen der Gesellschaft. Sie umfasst u. a. die Bereiche der Prävention, der zielgruppengenaue Gesundheitsforschung sowie der Versorgungsforschung. Vgl. Acheson (1988), <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/public-health-services/public-health-services> und <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/public-health-9442.php> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 424 Vgl. CBInsights (2021) und <https://www.holoniq.com/healthtech-unicorns/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 425 Das bereits seit über 100 Jahren in der Orthopädietechnik tätige Familienunternehmen Ottobock beschreibt sich selbst als globalen Technologieführer im Bereich der tragbaren menschlichen Bionik, die Teile des menschlichen Körpers erweitert oder ersetzt. Vgl. <https://www.ottobock.com/de/unternehmen/ueber-ottobock/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 426 Das Berliner Start-up ATAI Life Sciences entwickelt psychedelische Wirkstoffe auf Basis von Pilzen, die gegen Depressionen und andere psychische Krankheiten eingesetzt werden sollen.
- 427 Vgl. Hosseini et al. (2021).
- 428 Vgl. <https://nanoporetech.com/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 429 Vgl. <https://web.noom.com/about-us/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 430 Vgl. EFI (2021: 80), SVR Gesundheit (2021: 227f.) und <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/130000/Gutachten-zur-Weiterentwicklung-medizinischer-Register-vorgestellt> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 431 Hierzu zählen u. a. Versorgungs- und Abrechnungsdaten sowie Daten der amtlichen Statistik. Für eine ausführliche Übersicht vgl. SVR Gesundheit (2021: Kapitel 5.3). Sekundärnutzung wird von der American Medical Informatics Association (AMIA) als „non-direct care use of personal health information including but not limited to analysis, research, quality/safety measurement, public health, payment, provider certification or accreditation, and marketing and other business including strictly commercial activities“ definiert. Vgl. Safran et al. (2007).
- 432 Vgl. Bronsert et al. (2013) und SVR Gesundheit (2021: 228).
- 433 Vgl. Myers und Stevens (2016), Cowie et al. (2017) und Casey et al. (2016).
- 434 Vgl. Thiel et al. (2020: 19f.).
- 435 Vgl. <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/quo-vadis-medizin-wie-moderne-it-technik-hilft-die-gesundheit-der-menschen-zu-verbessern-9599.php> und https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/KuenstlicheIntelligenzProjekte/KuenstlicheIntelligenz_ErsterFoerderaufruf/ki-projekt_empaia.html (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 436 Vgl. <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/digitalisierung-und-kunstliche-intelligenz-9461.php> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 437 Vgl. RKI (2021).
- 438 Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/1-million-genomes> und <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/deutschlandtritt-genomprojekt-der-eu-bei.html> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).

- 439 Vgl. SVR Gesundheit (2021: 23f.).
- 440 Das Akronym FAIR steht für Findable, Accessible, Interoperable, Reusable. Vgl. Wilkinson et al. (2016).
- 441 Vgl. <https://www.medizininformatik-initiative.de/ueber-die-initiative> und <https://www.gesundheit.sforschung-bmbf.de/de/medizininformatik-aufbau-und-vernetzungsphase-7639.php> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 442 Vgl. <https://www.medizininformatik-initiative.de/de/snomed-ct-haeufig-gestellte-fragen> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 443 Vgl. <https://www.nfdi4health.de/ueber-uns/hauptziele.html> und <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/441914366> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 444 Vgl. <https://www.forschungsdatenzentrum-gesundheit.de/das-fdz> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 445 Für die Datenverarbeitung, die Kombination von Gesundheits- und Sozialdaten mit Registerdaten sowie die Datenschutzaspekte wurde 2019 ein eigenes Gesetz über die Sekundärnutzung von Gesundheits- und Sozialdaten, der sogenannte Act on the Secondary Use of Health and Social Data, verabschiedet. Vgl. <http://findata.fi/en/what-is-findata/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 446 Vgl. gematik (2020a) und <https://www.nfdi4health.de/ueber-uns/hauptziele.html> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 447 Vgl. SPD et al. (2021: 83).
- 448 Vgl. acatech, Körber-Stiftung, Universität Stuttgart (2021: 41 und 45).
- 449 Vgl. Thiel et al. (2018: 90 und 100f.).
- 450 Vgl. Weichert (2019).
- 451 Vgl. Dahlhausen et al. (2021), <https://background.tagesspiegel.de/gesundheit/warum-aerzte-digas-nicht-verschreiben> und <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/117236/Apps-auf-Rezept-Noch-viele-Unsicherheiten-bei-Aerzten> (letzter Abruf jeweils am 14. Januar 2022).
- 452 Vgl. Richter und Silberzahn (2021).
- 453 Vgl. Richter und Silberzahn (2021).

C 1

- 454 Vgl. Kerst et al. (2022).
- 455 Der kräftige Rückgang an Studienberechtigten 2020 ist nicht nur demografisch bedingt, sondern überwiegend durch den Sondereffekt der Rückkehr Niedersachsens zum neunjährigen Gymnasium. Vgl. Kerst et al. (2022).

- 456 Zu dem Rückgang könnten u. a. verzögerte Abschlussprüfungen während der Coronapandemie beigetragen haben. Vgl. Kerst et al. (2022).

C 2

- 457 Vgl. Kladroba et al. (2022).
- 458 In Schasse (2021) wurde der Wert für die USA im Jahr 2018 mit 2,83 Prozent angegeben. Die Diskrepanz von 0,12 Prozentpunkten ergibt sich durch aktuellere Berechnungen in Kladroba et al. (2022).
- 459 Im Gegensatz zur letzten Erhebung wird in der aktuellen Studie 2010 als Indexjahr verwendet.
- 460 In der Studie von Schasse (2021) wurden die FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen angegeben. In der aktuellen Studie werden sie in Prozent des gesamten Umsatzes angegeben.

C 3

- 461 Vgl. hierzu und im Folgenden Rammer und Hünermund (2013).
- 462 Vgl. hierzu im Folgenden auch Rammer et al. (2022).
- 463 Vgl. Blind (2002).
- 464 Vgl. ISO (2012) und <https://www.iso.org/members.html> (Abruf am 23. Dezember 2021).

C 4

- 465 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Kladroba et al. (2022) und Bersch et al. (2022).
- 466 Invest Europe ist der europäische Verband der Private-Equity- und Risikokapitalinvestoren und betreibt mit der European Data Cooperative (EDC) eine Plattform zur Sammlung von Private-Equity- und Wagniskapitaldaten. Auf Grundlage der Informationen in der EDC-Datenbank sowie der Daten von Eurostat und des Internationalen Währungsfonds stellt Invest Europe in regelmäßigen Abständen aktualisierte Daten zu Wagniskapitalinvestitionen bereit. Basis dafür sind Informationen von den nationalen Wagniskapitalverbänden, die ihre Informationen durch Mitgliederbefragungen erhalten. Die harmonisierte Erfassung und Aufbereitung der Daten sorgt für eine gute internationale Vergleichbarkeit.

- 467 Dies ist dann gegeben, wenn investierende Marktteilnehmer nicht bei Invest Europe als Mitglied erfasst sind oder es sich um einen außereuropäischen Investor handelt.
- 468 Die Zephyr M&A-Datenbank enthält Informationen zu Mergers and Acquisitions (M&A), getrennt nach Private-Equity-, Venturecapital- und Business-Angel-Investitionen. Die Angaben umfassen die Investitionssumme, das Unternehmen, in das investiert wurde (Portfolio-Unternehmen), und den Investor. Da die Zephyr M&A-Datenbank in erster Linie größere Investitionen enthält, werden die Informationen aus dieser Datenbank um die aus der Majunke-Transaktionsdatenbank ergänzt. Diese Datenbank wird von Majunke Consulting bereitgestellt und erfasst Venturecapital-Investitionen in Deutschland, Österreich und dem deutschsprachigen Teil der Schweiz. Sie enthält ebenfalls Angaben zur Investitionssumme, zum Portfolio-Unternehmen und zum Investor und schließt auch kleine Investitionen mit ein. Da in beiden Datenbanken neben den Wagniskapitalinvestitionen auch eine Reihe anderer Investitionen in Unternehmen enthalten sind, wird für jede Transaktion überprüft, ob es sich mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit tatsächlich um eine Wagniskapitalinvestition handelt. Dafür werden Informationen über die an einem Unternehmen beteiligten (natürlichen und juristischen) Personen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel (MUP) verwendet.
- 469 Untypische Investoren sind all jene Marktteilnehmer, die direkte Wagniskapitalbeteiligungen eingehen, deren Kerngeschäft jedoch ein anderes ist. Hierzu zählen beispielsweise Vermögensverwalter, Dachfonds, Banken und Versicherer sowie etablierte Unternehmen.
- C 5**
- 470 Allerdings ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Länderdaten nicht uneingeschränkt gegeben. Vgl. hierzu detailliert Müller et al. (2014).
- 471 Die Auswertungen der Unternehmensregister in den einzelnen Mitgliedstaaten bilden die Basis für die amtliche Datenbank. Die Werte für Deutschland stammen aus der Unternehmensdemografie-statistik des Statistischen Bundesamts, die eine Auswertung des Unternehmensregisters darstellt. Vgl. hierzu im Einzelnen Müller et al. (2013).
- 472 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2022).
- 473 Das MUP umfasst den Gesamtbestand der wirtschaftsaktiven Unternehmen in Deutschland, sofern sie von Creditreform erfasst werden. Es deckt alle Unternehmensinformationen ab, die bei Creditreform vorliegen, und beinhaltet auch nicht mehr existierende Unternehmen. Insgesamt enthält das MUP Informationen zu mehr als acht Millionen Unternehmen, die in Deutschland wirtschaftsaktiv sind oder in der Vergangenheit wirtschaftsaktiv waren. Das ZEW bringt diese Daten in eine Panelstruktur und nimmt verschiedene Qualitätskontrollen vor (z. B. Löschen von Mehrfacherfassungen, Imputation fehlender Werte zum Wirtschaftszweig, Identifikation von Schließungsmerkmalen). Für die Berechnung der Gesamtzahl der Gründungen am aktuellen Rand werden Hochrechnungen durchgeführt, um den Zeitabstand zwischen einem Gründungsereignis und der Erfassung durch Creditreform zu berücksichtigen. Vgl. Bersch et al. (2022) und <https://www.zew.de/forschung/mannheimer-unternehmenspanel/> (letzter Abruf am 14. Januar 2022).
- 474 Eine originäre Neugründung liegt vor, wenn eine zuvor nicht ausgeübte Unternehmenstätigkeit aufgenommen wird und zumindest eine Person ihren Haupterwerb damit bestreitet. Für die Untersuchung der Gründungsdynamik werden nur originäre Neugründungen von Unternehmen betrachtet. Umgründungen von Unternehmen, die Gründung von Beteiligungsgesellschaften und die Neuerrichtung von Gewerbebetrieben aufgrund eines Umzugs oder Gewerbebetriebes in Nebentätigkeit werden nicht als Gründungen gewertet. Ausgründungen aus Unternehmen werden den originären Neugründungen zugerechnet, sofern das Unternehmen, aus dem ausgegründet wird, nicht mehr als 50 Prozent an dem ausgegründeten Unternehmen hält. Eine Unternehmensschließung liegt vor, wenn ein Unternehmen keine wirtschaftliche Tätigkeit mehr durchführt und am Markt keine Produkte mehr anbietet. Vgl. Bersch et al. (2022).
- 475 Das MUP hat eine deutlich enger gefasste Definition von wirtschaftsaktiven Unternehmen, sodass eher geringe unternehmerische Aktivitäten im MUP nicht erfasst werden. Zudem werden im MUP Marktein- und -austritte anders gefasst. Eine Gründung liegt im MUP vor, wenn eine zuvor nicht ausgeübte Unternehmenstätigkeit aufgenommen wird, deren Ausmaß zumindest der Haupterwerbstätigkeit einer Person entspricht. Eine Schließung liegt vor, wenn ein Unternehmen in einem Jahr keine wirtschaftlichen Transaktionen vornimmt und keine Güter im Markt zum Kauf anbietet. Vgl. Müller et al. (2013) zu den verschiedenen Datenquellen.
- 476 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2022).

477 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2022).

478 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2022).

C 6

479 Vgl. Neuhäusler und Rothengatter (2022).

C 7

480 Vgl. Stephen und Stahlschmidt (2022).

C 8

481 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Schiersch et al. (2022).

482 Für eine methodische Erläuterung des RCA-Indikators vgl. Schiersch und Gehrke (2014: 74f.).

D 4

483 Vgl. Gehrke et al. (2013).

Kontakt und weitere Informationen

Geschäftsstelle der Expertenkommission
Forschung und Innovation (EFI)
Pariser Platz 6
D-10117 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 322 982 564
E-Mail: kontakt@e-fi.de
www.e-fi.de

Herausgeberin

Expertenkommission Forschung und
Innovation (EFI), Berlin.

© 2022 EFI, Berlin.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich aller
seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist
ohne Zustimmung des Verlages unzulässig.

Zitierhinweis

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation
(2022): Gutachten zu Forschung, Innovation und
technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022,
Berlin: EFI.

Gestaltung, Illustration und Herstellung

GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH
für Kommunikation und Medien, Marketing und Gestaltung:
Ulrike Jänecke, Illustration Steffen Meier; groothuis.de

Korrektorat

Rotkel e. K., Berlin

Produktion

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG

Redaktionsschluss: 14. Januar 2022

Die im Jahresgutachten 2022 verwendeten Abbildungen
und Tabellen sowie die dazugehörigen Datensätze
stehen in der Online-Version des Gutachtens sowie auf
www.e-fi.de zum Herunterladen bereit.

