GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION

EFI

GUTACHTEN

2021 2022 2023
2024 2025 2026
2027 2028 2029

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION

EFI

GUTACHTEN 2021

Unser Dank gilt
Prof. Dr. Silke Anger, Engelbert Beyer, Gerhard Bleser, Dr. Christian R. Böhm, Björn Böhning, Prof. Dr. Martina Brockmeier, Prof. Dr. Alena Buyx, Prof. Dr. Toni Cathomen, Dr. Achim Dercks, John G. Doench, Ph.D., Prof. Dr. Jakob Edler, Dr. Markus Elsner, Prof. Dr. Friedrich Hubert Esser, Johannes Fruehauf, Ph.D., Dr. Catrin Hannken, Prof. Dietmar Harhoff, Ph.D., Dr. Oliver Heikaus, Prof. Dr. Rudolf Jaenisch, Marco Janezic, Joanne Kamens, Ph.D., Dr. Oda Keppler, Dr. Hans-Peter Klös, Prof. Dr. Daniela Krause, Fabian Langenbruch, Dr. Johannes Ludewig, Matthias Machnig, Dr. Christoph March, Prof. Dr. Christoph Meinel, Jamie Metzl, Ph.D., Prof. Dr. Stefan Mundlos, Dr. Dietrich Nelle, Dr. Gisela Philipsenburg, Dr. Stephan Roesler, Dr. Ernst Dieter Rossmann, Prof. Dr. Ina Schieferdecker, Dr. Teresa Schlüter, Stefan Schnorr, Dr. Georg Schütte, Frank Stegmeier, Ph.D., Dr. Christian Tidona, Dr. Matthias Weber, Dr. Katja Zboralksi und Prof. Dr. E. Jürgen Zöllner,

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 genannten Personen wiedergeben.

Mitglieder der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Prof. Dr. Irene Bertschek
ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim, Forschungsbereich Digitale Ökonomie, und Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Fachgebiet Ökonomie der Digitalisierung

Prof. Dr. Holger Bonin
Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit GmbH (IZA) und Universität Kassel, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Fachgebiet Arbeitsmarkt- und Sozialpolitik

Prof. Dr. Uwe Cantner (Vorsitzender)
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik, und University of Southern Denmark, Odense, Department of Marketing and Management

Prof. Dr. Carolin Häussler
Universität Passau, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Organisation, Technologiemanagement und Entrepreneurship

Prof. Dr. Katharina Hölzle (stellvertretende Vorsitzende)
Universität Potsdam, Digital Engineering Fakultät, Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering gGmbH, Fachgebiet IT-Entrepreneurship

Prof. Dr. Till Requate
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Volkswirtschaftslehre, Professur für Innovations-, Wettbewerbs- und Neue Institutionenökonomik

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen und engagierten Arbeit der Mitarbeitenden der EFI-Geschäftsstelle sowie der Kommissionsmitglieder.

Mitarbeitende der EFI-Geschäftsstelle

Christine Beyer
Dr. Jano Costard
Dr. Helge Dauchert
Niklas Döhler (studentischer Mitarbeiter)
Dr. Dorothee Ihle
Dr. Petra Meurer
Antje Michna
Christopher Stolz

Mitarbeitende der Kommissionsmitglieder

Eric Arndt
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Volkswirtschaftslehre, Professur für Innovations-, Wettbewerbs- und Neue Institutionenökonomik

Lukas Dreier
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik

Fabian Hans
Universität Passau, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Organisation, Technologiemanagement und Entrepreneurship

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

Dr. Martin Kalthaus
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik

Thilo Kroeger
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Volkswirtschaftslehre, Professur für Innovations-, Wettbewerbs- und Neue Institutionenökonomik

Valeska Maul
Universität Potsdam, Digital Engineering Fakultät, Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering gGmbH, Fachgebiet IT-Entrepreneurship

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 9

Kurzfassung 14

A AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN

A 1 Auswirkungen der Corona-Krise auf F&I 20

A 2 Kommentierung der aktuellen F&I-Politik 27

A 3 Prioritäten für die F&I-Politik der kommenden Legislaturperiode 31

B KERNTHEMEN 2021

B 1 Neue Missionsorientierung und Agilität in der F&I-Politik 38

B 2 Anpassung der beruflichen Aus- und Weiterbildung an die digitale Transformation 54

B 3 Gen-Editierung und CRISPR/Cas 68

C STRUKTUR UND TRENDS

Überblick 88
C 1 Bildung und Qualifikation 92
C 2 Forschung und Entwicklung 97
C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft 103
C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation 106
C 5 Unternehmensgründungen 109
C 6 Patente 112
C 7 Fachpublikationen 115
C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung 118

D VERZEICHNISSE

121

Vorwort

Nicht nur aus Sicht der F&I-Politik stellt sich das Jahr 2020 als ein ganz besonderes dar. Die Corona-Pandemie und die sich anschließende schwere wirtschaftliche Krise haben gezeigt, wie existenziell Wissenschaft und Innovation für die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen sind. Um die gesundheitlichen und die gesellschaftlich-wirtschaftlichen Probleme besser zu verstehen und schnell zu grundlegenden Lösungen zu kommen, ist wissenschaftliche Kompetenz in ihrer ganzen Breite gefordert. Im medizinisch-pharmazeutischen Bereich hat die Entwicklung neuer Impfstoffe und Arzneimittel höchste Priorität erhalten. Schwächen in wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturen, wie sie von der Corona-Krise aufgedeckt wurden, rufen nach wissenschaftlich basierten Erklärungen und Lösungen. Um auf zukünftige Krisen besser vorbereitet zu sein, rücken Ansätze, welche die Resilienz von Wirtschaft und Gesellschaft erhöhen, verstärkt in den Blick.

In ihrem Gutachten 2021 widmet sich die Expertenkommission zunächst den kurzfristigen Corona-bedingten Entwicklungen und setzt sie in Beziehung zu den Prioritäten der F&I-Politik. Die notwendige Stabilisierung in der Krise und die langfristige F&I-Politik miteinander in Einklang zu bringen, stellt eine besondere politische Herausforderung dar. So bergen die kurzfristigen, schuldenfinanzierten Stabilisierungsmaßnahmen die Gefahr, das F&I-System langfristig zu schwächen, weil in den Folgejahren weniger Mittel für Zukunftsinvestitionen zur Verfügung stehen. Nur wenn eine auf Stabilisierung ausgerichtete Politik das F&I-System explizit mit einbezieht und stärkt, wird dieses auch zukünftig in der Lage sein, innovative Problemlösungen hervorzubringen. Gesellschaft und Politik müssen dies als Voraussetzung dafür erkennen, dass große Herausforderungen wie Klimawandel, Gesundheit, soziale Ungleichheit und Resilienz auch weiterhin aus einem wirtschaftlich starken und gesellschaftlich breit unterstützten F&I-System heraus angegangen werden können.

Das Gutachten 2021 der Expertenkommission ist vor dem Hintergrund dieser Überlegungen zu sehen.

Kapitel A 1 ist den Auswirkungen der Corona-Krise auf die Innovationstätigkeiten von Unternehmen gewidmet. Für den größten Teil der deutschen Unternehmen hat die aktuelle Krisensituation negative Auswirkungen auf die laufenden oder geplanten Innovationsprojekte. Nach Auffassung der Expertenkommission kann die Krise jedoch auch als Katalysator für den Übergang zu neuen Technologien genutzt werden und auf diese Weise zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands beitragen. Das setzt voraus, dass Konjunkturprogramme und wachstumspolitische Maßnahmen F&I-orientiert ausgestaltet werden.

In Kapitel A 2 kommentiert die Expertenkommission die forschungs- und innovationspolitischen Maßnahmen der Bundesregierung des vergangenen Jahres. Sie würdigt, dass durch die Einrichtung des Zukunftsfonds die finanziellen Rahmenbedingungen für die Bereitstellung von Wagnis- und Wachstumskapital verbessert werden. Sie begrüßt darüber hinaus die Förderung von Zukunftstechnologien wie Wasserstoff- und Quantentechnologie im Rahmen des Zukunftspakets. Sie regt gleichzeitig Begleitmaßnahmen an, die die Effektivität wichtiger F&I-politischer Initiativen des Jahres 2020 erhöhen sollen.

Wenngleich die Überwindung der Corona-Krise in der kommenden Legislaturperiode zu den zentralen Aufgaben der neuen Bundesregierung gehören wird, muss der F&I-Politik weiterhin ein hoher Stellenwert zukommen. In Kapitel A 3 benennt die Expertenkommission fünf Prioritäten, an denen sich die F&I-Politik in der nächsten Legislaturperiode ausrichten sollte. Diese sind im Einzelnen: „Große gesellschaftliche Herausforderungen angehen“, „Technologische Rückstände aufholen und vermeiden“, „Fachkräftebasis sichern“, „Innovationsbeteiligung erhöhen“ und „Agilität der F&I-Politik steigern“.

Die F&I-Politik steht in der Verantwortung, zur Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen beizutragen und transformativen Wandel anzustoßen. Da der Politikansatz der Neuen Missionsorientierung hierbei unterstützt, spricht sich die Expertenkommission in Kapitel B 1 dafür aus, dass die Bundesregierung diesen Politikansatz in einer marktorientierten Version verstärkt in den Blick nimmt. Um die Neue Missionsorientierung erfolgreich umsetzen zu können, ist agiles Politikhandeln erforderlich. Die Expertenkommission begrüßt, dass die F&I-Politik in den letzten Jahren bereits agiler geworden ist, fordert die Bundesregierung jedoch auf, Agilität noch systematischer in ihrem Politikhandeln zu verankern.

In Kapitel B 2 analysiert die Expertenkommission, wie sich das System der beruflichen Aus- und Weiterbildung verändern muss, um mit veränderten Kompetenzanforderungen durch die digitale Transformation Schritt zu halten. Um Beschäftigung zu sichern und Innovationspotenziale zu realisieren, ist es notwendig, die berufliche Ausbildung an die Anforderungen der digitalisierten Arbeitswelt anzupassen und die berufsbezogene Weiterbildung zu stärken. Die Expertenkommission empfiehlt, durch den Ausbau flexibler Zusatzqualifikationen die berufliche Anpassungsfähigkeit zu stärken, ausreichende Ressourcen für hochwertigere Weiterbildungsangebote bereitzustellen und zusätzlich präventive Anpassungsqualifizierungen zu fördern. Sie begrüßt zudem Initiativen für ein umfassendes Monitoring von beruflichen Fähigkeiten, das eine passgenauere Aus- und Weiterbildung unterstützt.

In Kapitel B 3 befasst sich die Expertenkommission mit der Gen-Schere CRISPR/Cas, einem neuen Werkzeug zur Gen-Editierung, und seinem Einsatz für medizinische Zwecke. Deutschland befindet sich in der Forschung zu CRISPR/Cas im internationalen Vergleich – gemessen an der Anzahl der Publikationen – in einer guten Position. Allerdings fällt Deutschland zurück, wenn Kennzahlen zur Leistungsfähigkeit in der Anwendung und Kommerzialisierung der Technologie betrachtet werden. Um unerschlossene Potenziale bei der Translation von Forschungsergebnissen in die Anwendung ausschöpfen zu können, müssen die Rahmenbedingungen für Genehmigungsverfahren und die Bereitstellung von privatem Wagnis- und Wachstumskapital verbessert sowie interdisziplinäre Kooperationen und Arbeitsgruppen gefördert werden.

Berlin, den 24. Februar 2021

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

A 1 Auswirkungen der Corona-Krise auf F&I

Die Corona-Krise hat die globale Wirtschaft unvermittelt und hart getroffen. Die in Deutschland zur Eindämmung von SARS-CoV-2 verhängten Lockdowns bringen massive wirtschaftliche Schieflagen sowie Beeinträchtigungen im Wissenschaftssektor mit sich. Für den größten Teil der deutschen Unternehmen hat die aktuelle Krisensituation negative Auswirkungen auf laufende oder geplante Innovationsprojekte. Vor allem KMU rechnen unter Corona-Bedingungen mit deutlichen Rückgängen der Innovationsausgaben.

Mit kurzfristigen Sofortmaßnahmen zum Erhalt der Zahlungsfähigkeit und zur Verhinderung von Insolvenzen auf breiter Ebene sowie mit Konjunkturprogrammen zur Bekämpfung der Rezession hat die Bundesregierung wichtige politische Impulse gesetzt, die auch dem F&I-System zugutekommen. Die Expertenkommission mahnt allerdings eine rasche Auszahlung der angekündigten Mittel auf Basis verlässlicher Anspruchsvoraussetzungen an.

Nach Meinung der Expertenkommission kann die Krise auch als Katalysator für den Übergang zu neuen Technologien wirken und auf diese Weise die langfristige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands verbessern. Hierzu sollten weitere Konjunkturprogramme und wachstumspolitische Maßnahmen so F&I-orientiert wie möglich ausgestaltet werden. Die Expertenkommission begrüßt vor diesem Hintergrund ausdrücklich die Absicht der Bundesregierung, 60 Milliarden Euro aus dem Konjunkturpaket investiv und innovationsorientiert einzusetzen.

A 2 Kommentierung der aktuellen F&I-Politik

Im vergangenen Jahr hat die F&I-Politik trotz der Corona-Krise, aber teilweise auch durch sie bedingt, zentrale Zukunftsthemen vorangetrieben, die für den langfristigen Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands von großer Bedeutung sind.

Mit der Einrichtung des Zukunftsfonds wird der Wagniskapitalmarkt in Deutschland gestärkt und soll die Finanzierungssituation von Start-ups verbessert werden. Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung auf, den Zukunftsfonds zügig umzusetzen, und regt eine frühzeitige und regelmäßige Evaluierung an, um das Instrument bei Bedarf anpassen zu können.

Die Expertenkommission befürwortet die Aufnahme der Nationalen Wasserstoffstrategie sowie deren zusätzliche Förderung in Höhe von sieben Milliarden Euro als Teil des Zukunftspakets. Sie gibt allerdings zu bedenken, dass ein nationaler Markthochlauf nicht ohne eine parallele, zusätzliche Bereitstellung von regenerativer Energie erfolgen sollte.

Ebenso begrüßt sie, dass die Bundesregierung eine finanzielle Förderung der Quantentechnologien in Höhe von 2,65 Milliarden Euro bereitstellt. Der Verbesserung der Position Deutschlands auf diesem Gebiet dient auch die gemeinsame Initiative von Bundesregierung, Fraunhofer-Gesellschaft und IBM, den ersten universellen Quantencomputer in Europa an einem deutschen Standort zu betreiben.

Die Absicht, den Staat bei der Bereitstellung und Nutzung von Daten zum Vorreiter zu machen, unterstützt die Expertenkommission. Um für Forschungszwecke sowie für ein verstärkt daten- und evidenzbasiertes Politikhandeln eine transparente und standardisierte Bereitstellung von Daten zu gewährleisten und eine behördenübergreifende Verknüpfbarkeit von Daten zu ermöglichen, regt sie an, zwischen den zuständigen Stellen Koordinationsstrukturen einzurichten.

A 3 Prioritäten für die F&I-Politik der kommenden Legislaturperiode

Wenngleich die Überwindung der Corona-Krise in der kommenden Legislaturperiode zu den zentralen Aufgaben der neuen Bundesregierung gehören wird, muss der F&I-Politik weiterhin ein hoher Stellenwert zukommen. Es wird auch zukünftig ein kohärenter Politikansatz für den gesamten Innovationsprozess benötigt, dem sich alle Ressorts verpflichtet fühlen.

Die Expertenkommission empfiehlt der neuen Bundesregierung, ihre F&I-Politik in der kommenden Legislaturperiode an fünf wesentlichen Prioritäten auszurichten. Eine hohe Priorität müssen die großen gesellschaftlichen Herausforderungen und dabei insbesondere die Nachhaltigkeitsziele haben. Ebenso wichtig für die Wohlstandsentwicklung ist es, dass Deutschland bestehende technologische Rückstände aufholt und sie bei potenziellen Schlüsseltechnologien von Beginn an vermeidet. Damit diese Ziele erreicht werden können, muss ein rohstoffarmes Land wie Deutschland über eine starke Fachkräftebasis verfügen. Im Hinblick auf F&I-Investitionen bei privaten Unternehmen ist es darüber hinaus notwendig, die Innovationsbeteiligung zu erhöhen. Schließlich ist die Agilität der F&I-Politik eine wichtige Voraussetzung, um den gesellschaftlich erwünschten transformativen Wandel erfolgreich umzusetzen.

B Kernthemen 2021

B 1 Neue Missionsorientierung und Agilität in der F&I-Politik

Die F&I-Politik steht in der Verantwortung, zur Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen beizutragen. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, dass die Bundesregierung hierfür den Politikansatz der Neuen Missionsorientierung verstärkt in den Blick nimmt. Dabei lenkt der Staat Innovationsaktivitäten in gesellschaftlich verabredete Richtungen, die privatwirtschaftliche Akteure nicht von sich aus einschlagen. Allerdings vertritt die Expertenkommission die Auffassung, dass der Markt als Entdeckungsverfahren nicht ausgehebelt werden darf. Sie schlägt daher eine marktorientierte Version der Neuen

Missionsorientierung vor, die sich durch eine Offenheit gegenüber Problemlösungen und durch katalytische Markteingriffe auszeichnet.

Um diesen Politikansatz erfolgreich umsetzen zu können, ist agiles Politikhandeln erforderlich. Die Expertenkommission begrüßt, dass die F&I-Politik in den letzten Jahren bereits agiler geworden ist, fordert die Bundesregierung jedoch auf, Agilität noch systematischer im Politikhandeln zu verankern. Die Expertenkommission empfiehlt dazu folgende Maßnahmen:

- Bei der Formulierung von Missionen sollte die Bundesregierung eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Ressorts sowie eine aktive Einbeziehung von Akteursgruppen, Expertenrunden, Bürgerinnen und Bürgern sowie Ländern und Kommunen sicherstellen.

- Aus den Missionen sind konkrete Zielsetzungen abzuleiten. Diese müssen einen Zeitbezug haben und ihre Erfüllung muss messbar sein. Der Zeithorizont sollte sich an der Zielsetzung der Missionen und nicht an der Dauer von Legislaturperioden orientieren.

- Bei der Umsetzung von Missionen ist es notwendig, die horizontale Koordination innerhalb und zwischen den Ministerien zu stärken. Dies kann durch interministerielle Task Forces erfolgen sowie – innerhalb von Ministerien – durch abteilungsübergreifende Projektteams oder missionsbezogene Einheiten innerhalb der Organisationsstruktur. Diese sind jeweils mit eigenen Entscheidungskompetenzen und Budgets auszustatten.

- Die innovationsorientierte öffentliche Beschaffung sollte weiter ausgebaut werden und sich verstärkt an den gesellschaftlich vereinbarten Missionen ausrichten.

- Im Sinne einer positiven Fehlerkultur sollte Politiklernen stärker implementiert werden, sodass bei der Umsetzung von Missionen Zielanpassungen, Nachjustieren der Organisation und Maßnahmen oder auch ein vollständiger Abbruch möglich sind und akzeptiert werden.

- Zum Zweck des Politiklernens ist es sinnvoll, vermehrt Reflexions- und Freiräume zu schaffen und hierfür in Ministerien und bei Projektträgern personelle Kapazitäten freizuschneiden.

B 2 Anpassung der beruflichen Aus- und Weiterbildung an die digitale Transformation

Infolge des digitalen Strukturwandels müssen viele Beschäftigte in Deutschland in den kommenden Jahren den Arbeitsplatz wechseln und sich dabei beruflich neu orientieren. Darüber hinaus werden sich an vielen bestehenden Arbeitsplätzen die Tätigkeitsprofile noch weiter verändern. Zum Erhalt der beruflichen Handlungskompetenz müssen daher nicht nur bessere digitale Kernfähigkeiten, sondern verstärkt auch klassische Kernfähigkeiten wie Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Eigeninitiative und Adaptionsfähigkeit entwickelt werden. Deshalb ist es notwendig, die berufliche Ausbildung an die Anforderungen der digitalisierten Arbeitswelt anzupassen und die berufsbezogene Weiterbildung zu stärken. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission:

- Die Bundesregierung soll darauf hinwirken, dass alle Ausbildungsordnungen an die Veränderungen durch die Digitalisierung angepasst und hinreichend aktuell gehalten werden. Beratung und Hilfen zur Umsetzung einer an die Digitalisierung angepassten Ausbildungsgestaltung sollten – insbesondere für KMU – ausgebaut werden.

- Die Aus- und Fortbildung des Berufsausbildungspersonals muss noch stärker auf die neuen inhaltlichen und methodischen Anforderungen durch die Digitalisierung ausgerichtet werden. Flankierend dazu ist es dringend erforderlich, die Berufsschulen flächendeckend mit einer leistungsfähigen digitalen Infrastruktur auszustatten.

- Das Angebot an Zusatzqualifikationen während der Berufsausbildung sollte weiter ausgebaut und zur berufsbezogenen Weiterbildung hin geöffnet werden.

- Bei der Akkreditierung und Zulassung von Weiterbildungsträgern im Bereich der öffentlich geförderten berufsbezogenen Weiterbildung sollten outputorientierte Kriterien ein starkes Gewicht erhalten.

- Um KMU bei der berufsbezogenen Weiterbildung zu unterstützen, sollte der Aufbau von lokalen und regionalen Netzwerken vorangetrieben werden, die leistungsfähige überbetriebliche Lösungen organisieren.

- Es sollten Instrumente zur Unterstützung präventiver Anpassungsqualifizierungen erprobt werden, die Beschäftigten rechtzeitig den Umstieg zu einem neuen Arbeitgeber erleichtern und sowohl das abgebende als auch das aufnehmende Unternehmen angemessen beteiligen.

- Um die Informationsbasis für Karriere- und Bildungsentscheidungen zu verbessern, sollten Initiativen für ein umfassendes Monitoring von beruflichen Fähigkeiten, das eine passgenauere Aus- und Weiterbildung unterstützt, vorangetrieben werden.

B 3 Gen-Editierung und CRISPR/Cas

Die Gen-Schere CRISPR/Cas ist ein Werkzeug zur Gen-Editierung, das neue Impulse in der medizinischen Grundlagenforschung setzt und neue Therapieansätze für viele Krankheiten ermöglicht. Durch das zielgerichtete Verändern genetischer Informationen wird es möglich, die Ursache von Erbkrankheiten direkt zu beheben. Ein besonders großes Potenzial liegt dabei im Bereich der somatischen Gentherapie. Um die mit CRISPR/Cas verbundenen Potenziale zu heben, bedarf es weiterer großer Fortschritte sowohl in der Forschung als auch in der Translation von Forschungsergebnissen in die Anwendung. Die Expertenkommission empfiehlt daher folgende Maßnahmen:

- Genehmigungsverfahren müssen – immer unter der Maxime der Wahrung von Sicherheit und ethischer Vertretbarkeit – so gestaltet werden, dass der administrative Aufwand für Forschende reduziert wird.

- Damit Genehmigungsverfahren auch zukünftig möglichst zügig abgeschlossen werden können, muss der Personalbestand innerhalb der Genehmigungsbehörden frühzeitig an die zu erwartende Zunahme der Genehmigungsverfahren angepasst werden.

- Es sollte ermöglicht werden, miteinander verwandte Anträge und Genehmigungsverfahren zu bündeln. Darüber hinaus sollte angestrebt werden, Genehmigungsverfahren über Bundesländer hinweg zu harmonisieren.

- Es sollten insbesondere interdisziplinäre Kooperationen und Arbeitsgruppen initiiert und gefördert werden, die durch eine frühe Interaktion zwischen Forschung und klinischer Praxis die Translation unterstützen und Innovationen hervorbringen.

- Für die Beratung der Forschenden und für die Vernetzung mit verschiedenen Stakeholdergruppen sollte die Gründung eines Deutschen Gentherapiezentrums diskutiert werden, das die Rolle eines Kompetenzzentrums für Translation von der Grundlagenforschung und präklinischen Forschung in die klinische Anwendung einnehmen kann.

- Die Durchführbarkeit klinischer Studien sollte durch vorteilhaftere Rahmenbedingungen wie beispielsweise schnellere, effizientere und weniger kleinteilige Genehmigungsverfahren verbessert werden.

- Die Rahmenbedingungen für die Bereitstellung von privatem Wagnis- und Wachstumskapital sollten verbessert werden.

- Es ist wichtig, die Gesellschaft regelmäßig über die mit CRISPR/Cas verbundenen Potenziale und Risiken zu informieren und den dazugehörigen gesellschaftlichen Diskurs weiterhin zu führen.

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUS-FORDERUNGEN

A

A 1 Auswirkungen der Corona-Krise auf F&I

Die Corona-Krise hat die globale Wirtschaft unvermittelt und hart getroffen. Die in Deutschland zur Eindämmung von SARS-CoV-2 verhängten Lockdowns bringen massive wirtschaftliche Schieflagen mit sich. Unterbrechungen internationaler Lieferketten, der Einbruch des internationalen Handels sowie eingeschränkte binnenwirtschaftliche Aktivitäten haben einen Rückgang des Angebots und der Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen zur Konsequenz. Für einen Großteil der Unternehmen geht dies mit zum Teil deutlichen Umsatzeinbußen einher. Davon sind größere Unternehmen mit 100 und mehr Beschäftigten in gleichem Maße betroffen wie Unternehmen mit fünf bis 19 und 20 bis 99 Beschäftigten.[1] Infolge derartiger Umsatzeinbußen stehen den Unternehmen weniger finanzielle Mittel für F&I-Vorhaben zur Verfügung. Auch für die Akteure des Wissenschaftssystems bringen die Lockdowns Einschränkungen mit sich, deren Auswirkungen sich in den Forschungsleistungen niederschlagen werden. Mit zunehmender Dauer der Pandemie können diese Entwicklungen im Unternehmens- und im Wissenschaftssektor zu einer längerfristigen Schwächung des deutschen F&I-Systems führen.

Mehrheit der innovationsaktiven Unternehmen von Corona-Krise betroffen

Eine Auswertung von Daten aus der ZEW-Konjunkturumfrage zeigt, dass für den größten Teil der deutschen Unternehmen die Corona-Krise negative Auswirkungen auf die laufenden oder geplanten Innovationsprojekte hat (vgl. Abbildung A 1-1). Dabei kommt es am häufigsten zu Verzögerungen von existierenden Innovationsprojekten. Rund 32 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 45 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe sind davon betroffen. Am zweit- und dritthäufigsten berichten Unternehmen, dass sie bereits geplante Projekte nicht begonnen oder keine neuen Innovationsprojekte geplant haben. Deutlich seltener geben Unternehmen an, bereits laufende Innovationsprojekte komplett abgebrochen zu haben.

Neben den in erster Linie negativen Auswirkungen der Corona-Krise lassen sich aber auch positive Impulse auf die Innovationsaktivität feststellen. So berichten etwa 26 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 28 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe, dass die Auswirkungen der Corona-Krise zu neuen Innovationsprojekten geführt haben. Bei 18 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 10 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe hat die Krise gar zu einer Beschleunigung von Innovationsprojekten geführt (vgl. Abbildung A 1-1).

Sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf Innovationsprojekte nehmen 14 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 22 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe wahr. Als von der Corona-Krise nicht betroffen bezeichnen sich rund 20 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 13 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe (vgl. Abbildung A 1-1).

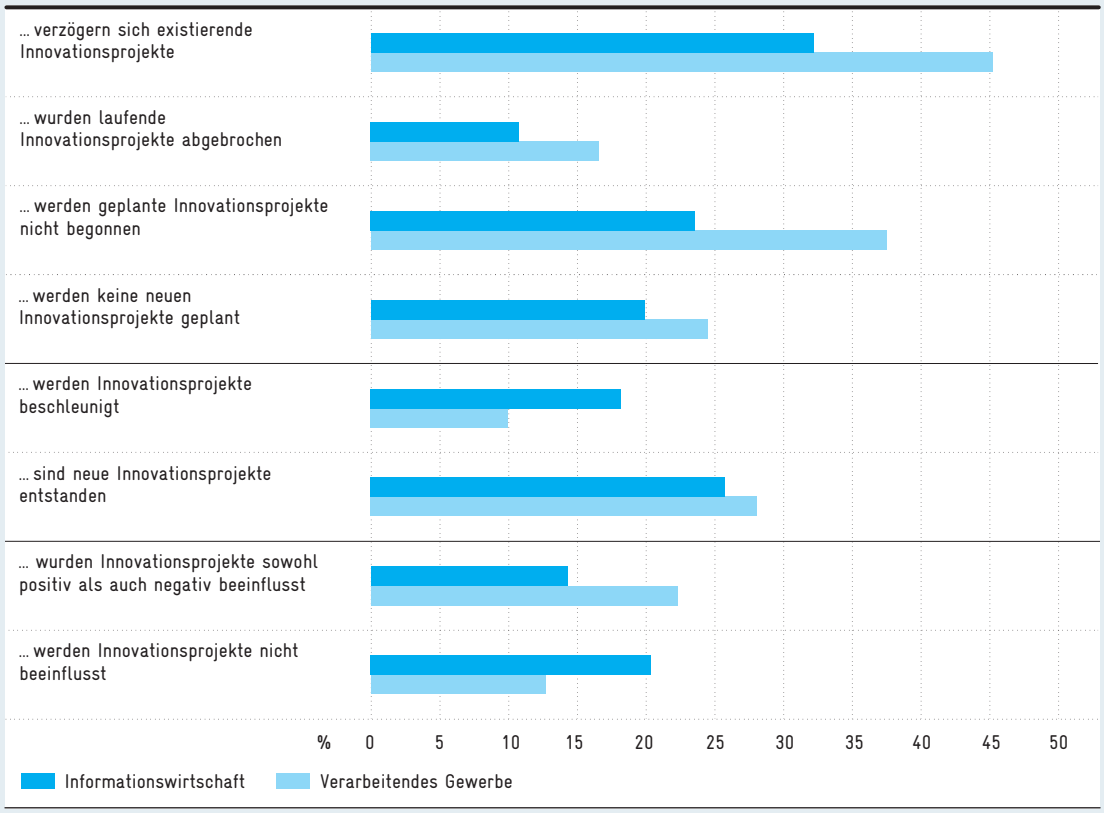
Finanzielle Ressourcen für Innovationsaktivitäten fehlen

Für Unternehmen, deren Innovationsaktivität durch die Corona-Krise beeinflusst wird, stellt die verringerte Verfügbarkeit finanzieller Mittel den häufigsten Grund für Beeinträchtigungen der Innovationstätigkeit dar. Rund 79 Prozent der negativ betroffenen Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe verweisen darauf. In der Informationswirtschaft ist dieser Anteil mit etwa 64 Prozent deutlich geringer (vgl. Abbildung A 1-2).

Abb A 1-1

Download Daten

Auswirkungen der Corona-Krise auf die Innovationstätigkeit



Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse zur Frage: „Welche Auswirkungen hat die Corona-Pandemie auf die Innovationstätigkeit Ihres Unternehmens? Durch die Corona-Pandemie..."
Lesebeispiel: Bei 24 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft werden geplante Innovationsprojekte nicht begonnen.
Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Neben fehlenden Mitteln für die Finanzierung von Innovationsaktivitäten sehen sich viele Unternehmen mit dem Problem nachlassender Nachfrage nach innovativen Produkten und Diensten konfrontiert; auch hiervon ist das Verarbeitende Gewerbe mit 50 Prozent der Unternehmen gegenüber 35 Prozent in der Informationswirtschaft stärker betroffen. Eine etwas geringere Anzahl von Unternehmen gibt an, dass sich Lieferschwierigkeiten bei für Innovationen wichtigen Materialien und Vorleistungen ungünstig auf ihre Innovationsaktivitäten auswirken. Einige Unternehmen sehen ihre Innovationsvorhaben dadurch beeinträchtigt, dass FuE-Personal und FuE-Kooperationspartner durch die Krise nur noch eingeschränkt verfügbar sind oder dass die Räumlichkeiten für FuE nicht nutzbar sind. Dabei bestehen nur geringe Unterschiede zwischen Informationswirtschaft und Verarbeitendem Gewerbe. Darüber hinaus stellt sich das Problem fehlender Zugriffsmöglichkeiten auf für Innovationen relevante Daten. Dieser Zugriff ist bei vielen Unternehmen nur vor Ort und nicht aus dem Homeoffice möglich. Etwa 15 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 19 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe begründen den negativen Einfluss der Corona-Krise auf die Innovationstätigkeit damit, dass die eigene digitale Infrastruktur und Ausstattung den neuen Anforderungen nicht entspricht (vgl. Abbildung A 1-2).

Wichtige Impulse für das F&I-System durch Zukunftspaket gesetzt

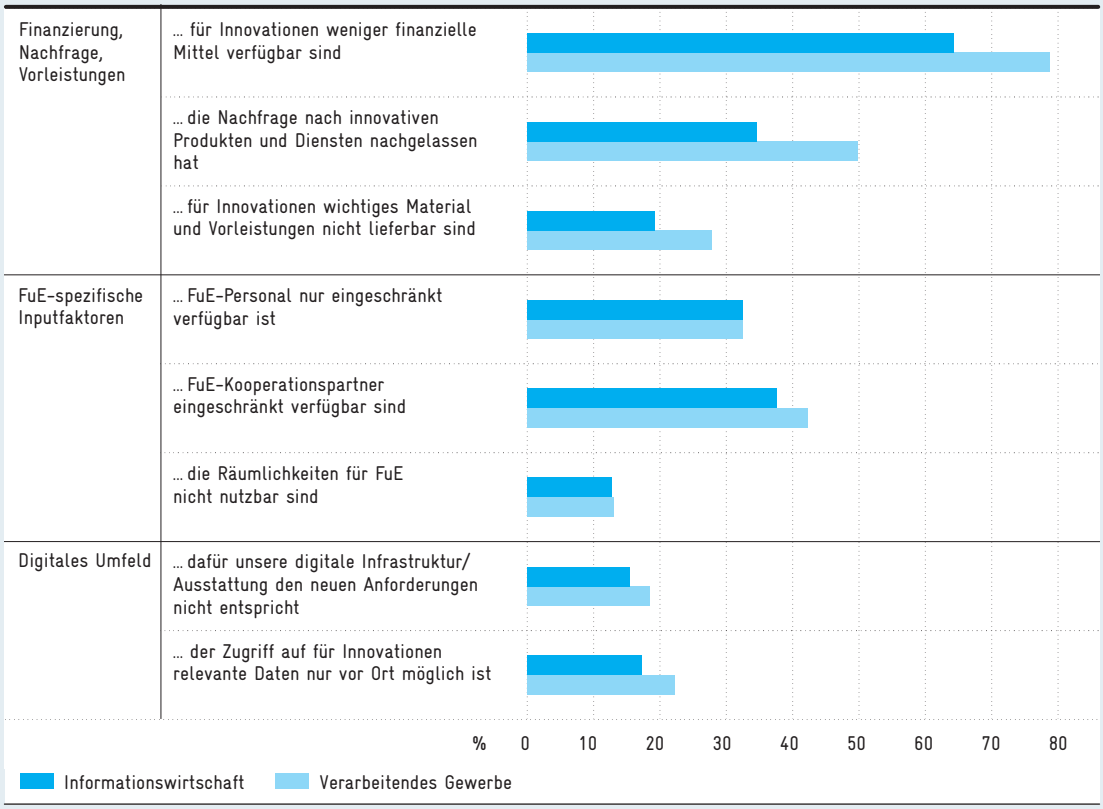
Im Juni 2020 hat die Bundesregierung ein umfangreiches Konjunkturpaket mit einem Gesamtumfang von 130 Milliarden Euro verabschiedet. Neben

A

Abb A 1-2

Download
Daten

Gründe für Beeinträchtigungen durch die Corona-Krise



Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse von Unternehmen, die bei der Frage nach Auswirkungen der Corona-Pandemie auf ihre Innovationstätigkeit mindestens eine negative Beeinflussung angegeben haben, zur Frage: „Beeinträchtigt die Corona-Pandemie die Innovationstätigkeit Ihres Unternehmens, weil ...?"
Lesebeispiel: Bei 64 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft, deren Innovationstätigkeit negativ durch die Corona-Pandemie beeinflusst wurde, ist die Innovationstätigkeit beeinträchtigt, weil für Innovationen weniger finanzielle Mittel verfügbar sind.
Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

kurzfristigen Stabilisierungsmaßnahmen umfasst dieses Konjunkturprogramm auch ein Zukunftspaket mit einem Volumen von mehr als 60 Milliarden Euro zur Überwindung der mittel- und langfristigen Folgen der Corona-Krise.[2]

Mit kurzfristig angelegten Sofortmaßnahmen zum Erhalt der Zahlungsfähigkeit und zur Verhinderung von Insolvenzen auf breiter Ebene sowie mit Konjunkturprogrammen zur Bekämpfung der Rezession hat die Bundesregierung wichtige politische Impulse gesetzt, um die Corona-Krise durchzustehen. Diese Impulse kommen auch dem F&I-System zugute.

Liquiditätshilfen ermöglichen es den Unternehmen, FuE-Beschäftigte und deren Kompetenzen im Unternehmen zu halten. Eine wichtige Unterstützung stellen die im „Maßnahmenpaket für Unternehmen gegen die Folgen des Coronavirus" der Bundesregierung gebündelten Hilfen dar.[3] Die Expertenkommission begrüßt, dass diese zunehmend auch an die spezifischen Bedürfnisse der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) angepasst wurden. So wurden etwa liquiditätsstützende Maßnahmen[4] ausgeweitet. Auch hat der Bund, gemeinsam mit den Ländern, seine Beteiligungsangebote für Start-ups und KMU ausgebaut. Sie sollen Unternehmen helfen, durch eine gestärkte Eigenkapitalbasis temporär handlungsfähig zu bleiben sowie trotz Krise Investitionen in Innovation und Modernisierung zu tätigen.[5] Die Expertenkommission mahnt allerdings an, eine rasche Auszahlung der angekündigten Mittel auf Basis verlässlicher Anspruchsvoraussetzungen sicherzustellen.

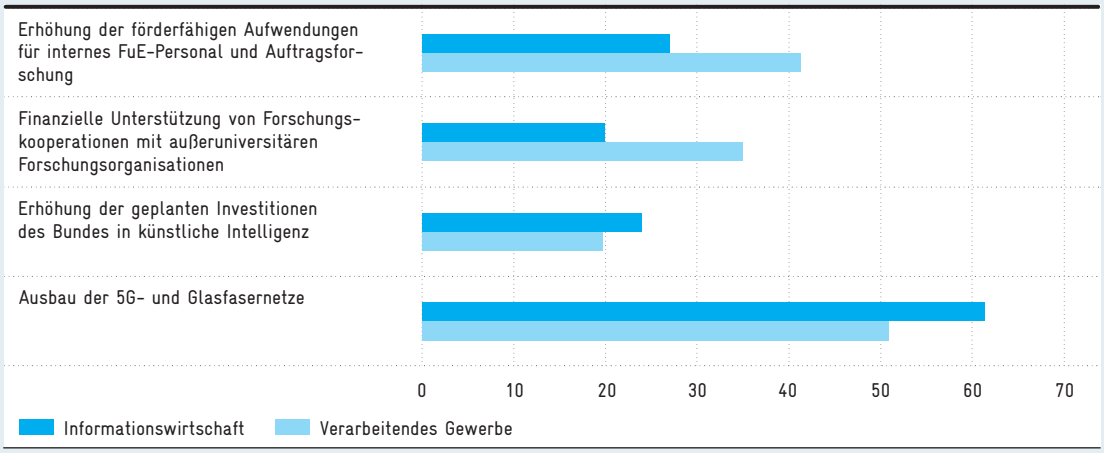
Das Zukunftspaket enthält umfangreiche Investitionen in Bildung, Forschung und Innovationen sowie Zukunftstechnologien, die sicherstellen sollen, dass „Deutschland gestärkt aus der Krise hervorgeht und langfristig erfolgreich ist“.[6] In diesem Rahmen wurde auch das Forschungszulagengesetz (vgl. Kapitel A 3) geändert.[7] Durch eine zeitlich bis 2026 befristete Anhebung des Förderdeckels soll für Unternehmen ein Anreiz gesetzt werden, trotz der Krise in FuE zu investieren. Die Expertenkommission kritisiert, dass die Gruppe der KMU kaum von der Erhöhung des Förderdeckels profitiert, und sieht deshalb weiteren Anpassungsbedarf.[8] Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund relevant, dass KMU angesichts der Corona-Bedingungen für 2020 und 2021 mit deutlichen Rückgängen der Innovationsausgaben rechnen. So zeigt die Befragung des Mannheimer Innovationspanels (MIP) aus dem Frühjahr 2020, dass KMU für 2020 einen Rückgang ihrer Innovationsausgaben um knapp 9 Prozent und 2021 nochmals um 5 Prozent erwarten. Die Großunternehmen hingegen gehen von weitgehend stabilen Innovationsbudgets im Jahr 2020 und einer leichten Ausweitung um 2 Prozent im Jahr 2021 aus.[9]

In der bereits erwähnten ZEW-Konjunkturumfrage wurden die Unternehmen auch danach gefragt, von welchen Maßnahmen aus dem Zukunftspaket ihre Innovationstätigkeit profitieren würde (vgl. Abbildung A 1-3). Die „Erhöhung der förderfähigen Aufwendungen für internes FuE-Personal und Auftragsforschung“ wird von 42 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und von 27 Prozent in der Informationswirtschaft als für eigene Innovationsaktivitäten förderlich angesehen. Maßnahmen zur „finanziellen Unterstützung von Forschungskooperationen mit außeruniversitären Forschungsorganisationen“ finden mit 35 Prozent insbesondere Zustimmung im Verarbeitenden Gewerbe. Deutlich geringer ist hier der Anteil der Unternehmen in der Informationswirtschaft mit 20 Prozent. Die im Zukunftspaket vorgesehene Erhöhung der geplanten Investitionen des Bundes in künstliche Intelligenz wird von etwa 20 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und 25 Prozent in der Informationswirtschaft als positiver Impuls für die eigenen Innovationsaktivitäten wahrgenommen. Schließlich vertreten etwa 62 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 51 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe die Meinung, dass die Innovationsaktivitäten vom Ausbau der digitalen Infrastruktur, insbesondere vom geplanten Ausbau der 5G- und Glasfasernetze, profitieren würden (vgl. Abbildung A 1-3).

Abb A 1-3

Download Daten

Positive Bewertung der Maßnahmen aus dem Zukunftspaket der Bundesregierung für die Innovationstätigkeit



Branchenspezifische Hochrechnung der Ergebnisse zur Frage: „Von welchen der folgenden Maßnahmen aus dem Zukunftspaket der Bundesregierung würde die Innovationstätigkeit Ihres Unternehmens profitieren?“
Lesebeispiel: Bei 62 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft würde die Innovationstätigkeit vom Ausbau der 5G- und Glasfasernetze profitieren.
Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Krise als Katalysator für den Übergang zu neuen Technologien nutzen

Die Maßnahmen zur Überbrückung der Corona-Krise werden im Wesentlichen durch Verschuldung finanziert. Die Expertenkommission sieht dadurch die Gefahr, dass sich zukünftig eingeschränkte Haushaltsspielräume negativ auf die F&I-Politik auswirken. Die Expertenkommission mahnt an, dass die kurzfristige Stabilisierung der Wirtschaft nicht zulasten der mittel- und langfristigen Wettbewerbsfähigkeit des deutschen F&I-Systems gehen darf. Sie gibt zudem zu bedenken, dass der kurzfristige Erhalt bestimmter Unternehmen, die sich langfristig nicht am Markt werden bewähren können, die Markteinführung neuer Technologien und Geschäftsmodelle behindern oder zumindest verzögern kann.

Nach Meinung der Expertenkommission kann die Krise jedoch auch als Katalysator für den Übergang zu neuen Technologien wirken und auf diese Weise die langfristige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands verbessern.[10] Um dies zu befördern, sollten weitere Konjunkturprogramme und wachstumspolitische Maßnahmen so F&I-orientiert wie möglich ausgestaltet werden.[11] Auf diese Weise können Wachstumsimpulse gesetzt werden, die die Kosten der Fördermaßnahmen mittelfristig übersteigen. Eine Entwicklung wie die Kürzung des angekündigten Budgets des Forschungsrahmenprogramms Horizont Europa um gut 8 Prozent muss dringend vermieden werden.

Die Expertenkommission begrüßt vor diesem Hintergrund ausdrücklich die Absicht der Bundesregierung, 60 Milliarden Euro aus dem Konjunkturpaket investiv und innovationsorientiert einzusetzen. So kann die Bereitstellung zusätzlicher finanzieller Mittel für den Ausbau der digitalen Infrastruktur helfen, die Innovationsaktivitäten der Unternehmen nachhaltig zu stärken. Die Expertenkommission bewertet zudem die verstärkte Förderung von Zukunftstechnologien wie der künstlichen Intelligenz, der Wasserstofftechnologie und der Quantentechnologie als einen wichtigen Schritt, um die innovationsgetriebene Transformation der Wirtschaft voranzutreiben.

Krisen wie die Corona-Krise sind nicht vorhersagbar. Die aktuellen Erfahrungen sollten allerdings genutzt werden, um auf zukünftige Krisen besser vorbereitet zu sein. Die Expertenkommission empfiehlt, die Erfahrungen im Umgang mit der Corona-Krise zu dokumentieren und zu evaluieren sowie Ansätze der Resilienzforschung bei der Weiterentwicklung des F&I-Systems in den Blick zu nehmen und entsprechende Forschungsprojekte dazu zu fördern.

Umfangreiche finanzielle Mittel für Corona-Forschung bereitgestellt

Zur Überwindung von Beeinträchtigungen im Wissenschaftssektor durch die Lockdowns hat die Bundesregierung eine Reihe von Maßnahmen veranlasst, die von Lockerungen im Wissenschaftszeitvertragsgesetz bis zu Vereinfachungen bei Projektbeantragung und -bearbeitung reichen. Die Expertenkommission begrüßt, dass einige ihrer Vorschläge hierzu aufgenommen und umgesetzt wurden.[12]

Einen wichtigen Punkt im Maßnahmenbündel der Bundesregierung stellt die Förderung der Corona-Forschung selbst dar. Hier sind weltweit Forschungsaktivitäten zu beobachten, nicht nur bei der medizinischen und pharmakologischen Forschung, sondern auch in den Sozial- und den Ingenieurwissenschaften (vgl. Box A 1-4).

Die Bundesregierung hat umfangreiche Mittel für Corona-bezogene Forschung, insbesondere für Arzneimittel und Impfstoffe, bereitgestellt, mit direkter und indirekter Schubwirkung für die Wirtschaft. So unterstützt das BMBF die Impfstoff-Initiative CEPI (Coalition for Epidemic Preparedness Innovations) mit einer zusätzlichen Förderung von 230 Millionen Euro und stellt bis zu 750 Millionen Euro für das Sonderprogramm zur Beschleunigung der Forschung zu und Entwicklung von dringend benötigten Impfstoffen gegen SARS-CoV-2 zur Verfügung. Mit der Entwicklung eines Impfstoffes durch das direkt vom BMBF geförderte Unternehmen BioNTech haben diese Maßnahmen substanziell zu einem weltweit beachteten Erfolg beigetragen.[13] Hinzu kommen 150 Millionen Euro für den Aufbau eines nationalen Netzwerks der Universitätsmedizin zur Bündelung und Stärkung der Corona-bezogenen Forschungsaktivitäten und 45 Millionen Euro für die Entwicklung von Medikamenten.[14] Zur Unterstützung der klinischen Prüfung von Therapeutika hat das BMBF ein Programm mit einem Volumen von 50 Millionen Euro aufgesetzt.[15] Neben der Forschung in der Medizin und medizinnahen Disziplinen hat das BMBF die Mittel für die sozialwissenschaftliche Forschung kurzfristig aufgestockt und die Vernetzung empirischer sozialwissenschaftlicher Forschung zur Corona-Krise vorangetrieben.[16] Die Expertenkommission hebt

Box A 1-4

A

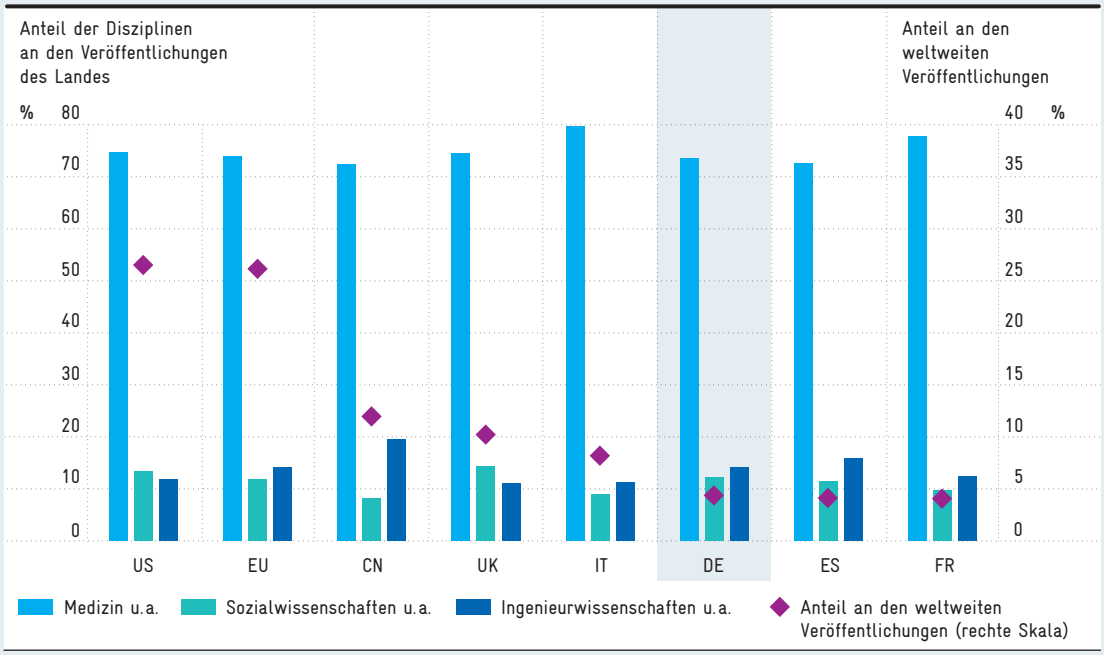
Forschung zu SARS-CoV-2 und Corona

Eine Abschätzung der Aktivität wissenschaftlicher Forschung zum Themenfeld SARS-CoV-2 und Corona ergibt das folgende Bild, das sich auf Publikationsdaten von Fachartikeln aus der Wissenschaftsdatenbank Scopus stützt.[17] Der größte Anteil an allen erfassten Publikationen entfällt auf Forschende mit Affiliation in den USA (27 Prozent). Es folgen die Forschenden in der EU (26 Prozent) vor China (12 Prozent) und dem Vereinigten Königreich (10 Prozent).[18] Forschende mit einer Affiliation in Deutschland erreichen einen Anteil von etwa 4 Prozent. Die thematische Ausrichtung der Forschung zu SARS-CoV-2 und Corona konzentriert sich in Deutschland auf die Disziplinen Medizin, Gesundheit, Biochemie, Mikrobiologie und Pharmazie. Diese Disziplinen umfassen einen Anteil von 74 Prozent an allen Publikationen zum Themenfeld SARS-CoV-2 und Corona. 12 Prozent entfallen auf die Sozialwissenschaften und 14 Prozent auf die Ingenieurwissenschaften. Ein ähnliches Bild wie in Deutschland zeigt sich in den anderen sechs betrachteten Ländern sowie für die EU.

Abb A 1-5

Download Daten

Veröffentlichungen mit Bezug zu SARS-CoV-2 und Corona nach Ländern und Disziplinen in Prozent



Rauten zeigen den Prozent-Anteil der SARS-CoV-2- und Corona-bezogenen Veröffentlichungen des jeweiligen Landes an der Gesamtzahl der weltweiten Veröffentlichungen dazu an (rechte Skala). Säulen repräsentieren die Prozent-Anteile der SARS-CoV-2- und Corona-bezogenen Veröffentlichungen aus der Medizin, aus den Sozialwissenschaften und aus den Ingenieurwissenschaften an allen diesbezüglichen Veröffentlichungen innerhalb des jeweiligen Landes (linke Skala).

Lesebeispiele: Der Anteil der auf Forschende mit Affiliation in den USA entfallenden Veröffentlichungen mit Bezug zu SARS-CoV-2 und Corona an weltweit allen Veröffentlichungen dazu beträgt 27 Prozent. Der Anteil der Veröffentlichungen mit Bezug zu SARS-CoV-2 und Corona aus den Sozialwissenschaften von Forschenden mit Affiliation in Deutschland an allen Veröffentlichungen dazu aus Deutschland beträgt 12 Prozent.

Bei der Zuweisung der Veröffentlichungen zu den jeweiligen Ländern treten bei internationalen Ko-Autorenschaften Mehrfachzählungen auf. Die berücksichtigten Veröffentlichungsorgane umfassen Journalartikel, Konferenzbeiträge, Reviews, Buchkapitel, Bücher und Datenreporte.
Quelle: Scopus (Abruf am 30. November 2020; umfasst Publikationen veröffentlicht in 2020 und im Erscheinen).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

positiv hervor, dass die Förderung der Corona-bezogenen Forschung durch das BMBF und die Projektträger sehr zügig angeschoben wurde.[19]

Trotz der beeindruckenden Erfolge, die in Deutschland im Kampf gegen SARS-CoV-2 erzielt wurden, sieht die Expertenkommission Potenziale für eine Verbesserung von Strukturen, die ein rascheres und effizienteres Eingreifen im Falle von Pandemien ermöglichen und ein schnelles Hochfahren der Wirkstoffforschung und -entwicklung im Krisenfall sicherstellen. In den USA übernimmt die Biomedical Advanced Research and Development Authority (BARDA) u.a. diese Aufgabe. Sie soll die Beschaffung und Entwicklung von Medikamenten und Impfstoffen gegen bekannte und unbekannte Krankheiten koordinieren und fördern.[20] Die Expertenkommission regt an zu prüfen, ob die Einrichtung einer ähnlichen Institution in Deutschland oder auf EU-Ebene sinnvoll ist.

Kommentierung der aktuellen F&I-Politik

A 2

Die Corona-Krise hat dem Jahr 2020 auch aus wirtschaftspolitischer Sicht ihren Stempel aufgedrückt. Im Mittelpunkt der öffentlichen Debatte standen seit März 2020 vor allem kurzfristige Fördermaßnahmen zur Stabilisierung der Wirtschaft. Die F&I-Politik hat trotzdem, teilweise bedingt durch die Corona-Krise, im letzten Jahr zentrale Zukunftsthemen vorangetrieben und Maßnahmen eingeleitet, die für den langfristigen Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands von großer Bedeutung sind. Hierzu zählen neben der Verbesserung der finanziellen Rahmenbedingungen für F&I-Aktivitäten – u.a. durch die Einrichtung eines Zukunftsfonds – auch die Förderung von Zukunftstechnologien wie Wasserstoff- und Quantentechnologie im Rahmen des Zukunftspakets. Darüber hinaus wurden die europäische Cloud-Infrastruktur GAIA-X und die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) vorangetrieben.

Zukunftsfonds angeschoben

Um den Wagniskapitalmarkt in Deutschland zu stärken und die Finanzierungssituation von Start-ups zu verbessern, hat die Bundesregierung mit der Verabschiedung des Haushaltsgesetzes 2021 die Voraussetzungen für einen Beteiligungsfonds für Zukunftstechnologien, den sogenannten Zukunftsfonds, geschaffen.[21] Dieser wird verschiedene Elemente enthalten, die sowohl den Ausbau bestehender Finanzierungsinstrumente als auch die Entwicklung neuer Instrumente für Wachstumsfinanzierungen – wie beispielsweise einen Deep-Tech-Fonds und einen Wachstumsfonds – beinhalten. Hierfür sind seit Januar 2021 für einen Zehnjahreszeitraum zehn Milliarden Euro vorgesehen. Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich, dass hiermit die Möglichkeiten der Wachstumsfinanzierung mit einem substanziellen Betrag verbessert werden. Sie fordert eine schnelle Umsetzung und regt eine frühzeitige und regelmäßige Evaluierung an, um das Instrument bei Bedarf anpassen zu können.

Regelungen zu ausländischen Direktinvestitionen verschärft

Die Bundesregierung hat die Regelungen für Unternehmensübernahmen und -beteiligungen für nichteuropäische Investoren im vergangenen Jahr weiter verschärft.[22] Für eine Prüfung ausländischer Investitionen reicht künftig eine „voraussichtliche Beeinträchtigung“ – nicht nur eine „tatsächliche Gefährdung“ – der öffentlichen Ordnung oder Sicherheit aus.[23] Darüber hinaus kann bei der Prüfung berücksichtigt werden, ob der Investor unmittelbar oder mittelbar von der Regierung eines Drittstaates, einschließlich sonstiger staatlicher Stellen oder Streitkräfte, kontrolliert wird.[24] In ihrem letzten Gutachten hat sich die Expertenkommission dem Thema der Investitionskontrolle im Kontext des deutsch-chinesischen Wissens- und Technologieaustausches gewidmet.[25] Vor diesem Hintergrund begrüßt sie diese Erweiterung der Möglichkeiten der Investitionsprüfung.

Mit Blick auf die geplante Erweiterung des Kreises der als sicherheitsrelevant definierten Technologien[26] mahnt die Expertenkommission an, dass dabei mögliche negative Folgen für Innovationen beachtet werden müssen. So kann die Ausweitung der Direktinvestitions-Kontrolle die Ausbreitung innovativer Technologien und Geschäftsmodelle hemmen. Ferner könnte eine zu restriktive Anwendung der Kontrollmöglichkeiten es erschweren, die Vorteile der internationalen Arbeitsteilung auszuschöpfen.

Weitere Anreize zur Mobilitätswende notwendig

Im Hinblick auf nachhaltige Mobilität schafft die seit diesem Jahr geltende CO_2-Bepreisung für Brennstoffe mit einem Preis von zunächst 25 Euro pro Tonne CO_2[27] moderate Anreize, den Verbrauch fossiler Brennstoffe wie beispielsweise Benzin, Diesel und Autogas im Individualverkehr zu reduzieren.

Ein Hauptvorbehalt der Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer gegen die Nutzung neuer Antriebstechnologien ist neben dem hohen Preis allerdings auch die unzureichende Tank- und Ladeinfrastruktur.[28] Die angestoßene Intensivierung des Ausbaus der Tank- und Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge[29] ist daher ein notwendiger Schritt zur Steigerung der Attraktivität neuer Antriebstechnologien.[30] Die Expertenkommission erwartet sich hiervon höhere und persistentere Impulse für die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen als von der im Zukunftspaket enthaltenen Innovationsprämie. Zudem erachtet sie die Initiative des BMWi für ein europaweit einheitliches Bezahlsystem an Ladesäulen und Wasserstofftankstellen[31] als einen weiteren wichtigen Schritt zur Steigerung der Akzeptanz neuer Antriebstechnologien.

Verfügbarkeit von regenerativer Energie für grünen Wasserstoff erhöhen

Die Expertenkommission befürwortet die Aufnahme der Nationalen Wasserstoffstrategie als Rahmen für die zukünftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und die Weiterverwendung von Wasserstoff sowie deren zusätzliche Förderung in Höhe von sieben Milliarden Euro als Teil des Zukunftspakets.[32] Darüber hinaus ist sie der Ansicht, dass der mit weiteren zwei Milliarden Euro geförderte Aufbau außenwirtschaftlicher Partnerschaften einen wichtigen Ansatz für die Produktion von grünem Wasserstoff darstellt.[33]

Ein nationaler Markthochlauf sollte jedoch nicht zu schnell und nicht ohne eine parallele, zusätzliche Bereitstellung von regenerativer Energie erfolgen. Es besteht anderenfalls die Gefahr, dass die relativ energieintensive Produktion von Wasserstoff zu einem Mehreinsatz fossiler Energieträger führt. Die vom Nationalen Wasserstoffrat befürwortete Ausnahme der Wasserstoffproduktion von der EEG-Umlage,[34] die als Subvention auf den Produktionsfaktor Strom in der Wasserstoffherstellung wirkt, kann dies noch verstärken und sollte daher allenfalls ein kurzfristiges Instrument sein.

Die nachhaltige Zielwirkung der Wasserstoffstrategie und auch der Elektromobilität ist eng an die Ausweitung der Verfügbarkeit von grünem Strom geknüpft. Vor diesem Hintergrund erachtet die Expertenkommission die Intensivierung der projektbezogenen Forschung wie beispielsweise des Programms „Schaufenster Intelligente Energie“ (SINTEG)[35] und der Reallabore der Energiewende im Zukunftspaket als wichtige und notwendige Schritte.[36]

Erforschung der Quantentechnologie vorantreiben

Im Bereich der Quantentechnologie ist Deutschland nach Einschätzung von Expertinnen und Experten je nach Teilgebiet unterschiedlich gut aufgestellt.[37] Während die Position Deutschlands bei Quantensensorik und -imaging im internationalen Vergleich gemeinhin als gut bewertet wird, liegt sie bei Quantenkommunikation und -simulatorik nur im Mittelfeld. Beim Quantencomputing nimmt Deutschland gar eine schlechte Position ein.[38]

Die Expertenkommission begrüßt, dass die Bundesregierung bis 2022 insgesamt 650 Millionen Euro für FuE im Bereich der Quantentechnologien bereitstellt[39] und darüber hinaus die Förderung der Quantentechnologie im Rahmen des Zukunftspakets um zwei Milliarden Euro erhöht.[40] Die gemeinsam von der Bundesregierung, Fraunhofer-Gesellschaft und IBM ergriffene Initiative,[41] den ersten universellen Quantencomputer in Europa an einem deutschen Standort zu betreiben, kann die Position Deutschlands in diesem Bereich erheblich verbessern. Langfristig sollte das Ziel sein, Cluster oder Ökosysteme im Bereich der Quantentechnologie zu entwickeln, in denen Grundlagenforschung und angewandte Forschung sowie die Wirtschaft eng zusammenarbeiten, um frühzeitig Kommerzialisierungsmöglichkeiten zu identifizieren.

Umsetzung der KI-Strategie weiter forcieren

Am 2. Dezember 2020 hat das Kabinett die fortgeschriebene KI-Strategie beschlossen: Bis 2025 werden die Investitionen des Bundes in künstliche Intelligenz (KI) aus Mitteln des Zukunftspakets von drei auf fünf Milliarden Euro erhöht.[42] Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich die Erhöhung der Mittel und die Erweiterung der Anwendungsgebiete sowie die europäische und internationale Vernetzung. Sie empfiehlt, sich in der Grundlagenforschung zu KI sowohl auf die symbolische als auch auf die neuronale KI zu konzentrieren.[43] Zudem sollte die enge Zusammenarbeit, wie sie bereits im Rahmen der europäischen KI-Forschungsnetzwerke ELLIS[44] und CLAIRE[45] erfolgt, nach Ansicht der Expertenkommission fortgeführt werden.

Bei der Besetzung der 2018 in der KI-Strategie angeführten Einrichtung von 100 neuen KI-Professuren sieht die Expertenkommission noch erheblichen Handlungsbedarf. So wurde bisher erst ein Bruchteil der geplanten 100 KI-Professuren neu geschaffen.[46] Die Expertenkommission hat schon früher darauf hingewiesen, dass man einer sich, wie erwartet, länger hinziehenden Besetzung der Stellen u.a. durch eine attraktivere Ausgestaltung der Stellen sowie durch eine verstärkte Gewinnung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses begegnen kann.[47]

Öffentlichen Sektor als Anbieter von Daten und Diensten auf GAIA-X etablieren

Mit dem Ende 2019 gestarteten Projekt GAIA-X[48] soll eine vertrauenswürdige, souveräne Dateninfrastruktur für Europa entstehen. Im September 2020 wurde die Organisation GAIA-X AISBL[49] nach belgischem Recht gegründet, der 22 Unternehmen und Organisationen – je elf aus Deutschland und Frankreich – angehören. Sie übernimmt die Aufgabe, das Projekt GAIA-X zu repräsentieren und zu koordinieren. An dieses Kernteam docken weitere – bislang über 300 – Unternehmen und Organisationen aus verschiedenen Ländern an. Die Bundesregierung plant in ihrem Haushalt 2021 rund 200 Millionen Euro ein,[50] um die Festlegung technischer Standards und eines geeigneten Zertifizierungsprozesses sowie die Entwicklung konkreter Anwendungsbeispiele zu unterstützen. Die Expertenkommission empfiehlt, dass der öffentliche Sektor durch die Bereitstellung eigener Daten und Dienste auf der GAIA-X-Infrastruktur zu Akzeptanz und Gelingen dieses Vorhabens beiträgt.

Mit der Datenstrategie Innovationspotenziale ausschöpfen

Mit der Datenstrategie will die Bundesregierung die innovative und verantwortungsvolle Datennutzung in Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Verwaltung in Deutschland und Europa fördern und damit zu Wachstum und Wohlstand beitragen.[51] Zu den zentralen Handlungsfeldern der Datenstrategie zählen eine verbesserte Datenbereitstellung und ein sicherer Datenzugang. Hierzu sollen u.a. auch GAIA-X als europäische Dateninfrastruktur sowie die NFDI beitragen. Die Expertenkommission begrüßt, dass der Staat bei der Bereitstellung und Nutzung von Daten zum Vorreiter gemacht werden soll und es vorgesehen ist, hierzu entsprechende Verantwortlichkeiten und Kompetenzen in den Bundesministerien aufzubauen. Dazu werden auch das zweite Open-Data-Gesetz und das neue Datennutzungsgesetz beitragen, deren Entwürfe zur Kommentierung vorliegen.[52] Um für Forschungszwecke sowie für ein verstärkt daten- und evidenzbasiertes Politikhandeln eine transparente und standardisierte Bereitstellung von Daten zu gewährleisten und eine behördenübergreifende Verknüpfbarkeit von Daten zu ermöglichen, regt die Expertenkommission an, zwischen den zuständigen Stellen Koordinationsstrukturen einzurichten. Anderenfalls lassen sich Innovationspotenziale, die sich insbesondere durch die Verknüpfung von Daten unterschiedlicher Quellen ergeben können, nicht ausschöpfen.

Aufbau der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur gestartet

Auf Grundlage einer Bund-Länder-Vereinbarung wurde 2018 der Aufbau der NFDI beschlossen.[53] Die NFDI verfolgt die Erschließung, nachhaltige Sicherung und Zugänglichmachung von Datenbeständen aus Forschung und Wissenschaft sowie deren Vernetzung auf nationaler und internationaler Ebene.[54] Bis 2028 sollen sich vernetzende Konsortien die Infrastruktur aus der Wissenschaft heraus aufbauen. Die NFDI entfaltet ihre volle Wirkung auf das deutsche F&I-System, wenn sämtliche Wissenschaftsgebiete abgedeckt, Parallelprojekte und eine Silobildung vermieden sowie hierdurch umfassende Synergieeffekte genutzt werden können.

Da auf Grundlage einer Evaluation durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ein Auslaufen der Förderung einzelner Konsortien möglich ist, müssen nach Ansicht der Expertenkommission ausreichend finanzielle Mittel bereitgestellt werden, um auch die Bildung neuer Konsortien zu fördern. Eine nationale Forschungsdateninfrastruktur kann sich nur dann etablieren, wenn sie anschluss- und anpassungsfähig ist. Hierzu muss zukünftig die Interoperabilität sowie eine Konsolidierung mit anderen Infrastrukturen auf transnationaler und globaler Ebene gewährleistet werden.[55] Die Expertenkommission unterstützt diese Entwicklungen und fordert, eine langfristige Finanzierung zu gewährleisten, um nach dem Aufbau eine Weiterentwicklung der Infrastruktur zu garantieren.

Soziale Innovationen in der F&I-Politik verstärkt berücksichtigt

Die Expertenkommission begrüßt, dass in der Hightech-Strategie 2025 der Begriff soziale Innovationen präzisiert wurde und eine verstärkte Öffnung der Forschungsförderung für soziale Innovationen vorgesehen ist.[56] Die darin angesprochenen sozialen Innovationen umfassen neue soziale Praktiken und Organisationsmodelle, die zum Ziel haben, tragfähige und nachhaltige Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen zu finden.[57] Mit dem im Frühjahr 2020 aufgelegten Wettbewerb „Gesellschaft der Ideen – Wettbewerb für Soziale Innovationen" wird erstmalig eine spezifische Fördermaßnahme des BMBF umgesetzt, die ausschließlich auf die Entwicklung von sozialen Innovationen ausgerichtet ist.[58] Die Expertenkommission befürwortet die Anwendung neuer Formate der Partizipation und die Erprobung neuer Förderinstrumente im Rahmen des Ideenwettbewerbs.[59] Sie mahnt eine rasche Umsetzung der geplanten Begleitforschung und Evaluation der Fördermaßnahme an, um Lerneffekte für die zukünftige Förderung sozialer Innovationen sicherzustellen.

Prioritäten für die F&I-Politik der kommenden Legislaturperiode

A 3

Die Corona-Krise trifft das deutsche F&I-System in einer Phase, in der es sich großen gesellschaftlichen Herausforderungen und Zukunftsfragen zuwendet. Die Stärken des Systems ebenso wie seine Schwächen, etwa bei der Digitalisierung der Wirtschaft und Gesellschaft, werden durch die Krise aufgedeckt und sichtbar.

Deutschland hat in den vergangenen beiden Dekaden durch eine kluge Finanz- und Wirtschaftspolitik Herausforderungen wie die Reform des Arbeitsmarktes[60] und die Bewältigung der Finanzmarktkrise 2008/09 gemeistert. Auch konnten Handlungsspielräume sowohl für Zukunftsinvestitionen als auch für die Bewältigung von Krisen geschaffen werden. So war Deutschland zum einen in der Lage, das F&I-System in den letzten Jahren voranzubringen und weiterzuentwickeln, und konnte zum anderen jüngst mit umfangreicher Schuldenaufnahme die folgenschwersten Verwerfungen durch die Corona-Krise abfedern.

Exzellenzinitiative und -strategie[61] sowie die verschiedenen Pakte[62] haben dem Wissenschaftssystem einen Schub geben können. Die Hightech-Strategie[63] (HTS) wurde als ressortübergreifender, innovationsorientierter Politikansatz mit dem Ziel weiterentwickelt, die Grundlagen für zukünftige Schlüsseltechnologien zu legen und innovative Lösungen für zentrale gesellschaftliche Herausforderungen bereitzustellen. Die Innovationstätigkeit ostdeutscher Unternehmen hat sich in den vergangenen Jahren der Innovationstätigkeit der westdeutschen Unternehmen weitgehend angeglichen.[64] Die FuE-Intensität Deutschlands hat nach Erreichen des Drei-Prozent-Ziels im Jahr 2017 mittlerweile mit einem Wert von 3,17 im Jahr 2019 die internationale Spitzengruppe erreicht (vgl. Kapitel C 2) – ein gemeinsamer Erfolg von privatwirtschaftlichen FuE-Aktivitäten und einer breiten staatlichen Förderpolitik. Sein Ziel, eine international führende Rolle als Innovationsstandort zu spielen, hat Deutschland so durchaus erreicht oder ist ihm zumindest sehr nahegekommen.

Ein derart gestärktes F&I-System gibt jedoch keinen Anlass zum Ausruhen. Wenngleich die Überwindung der Corona-Krise in der nächsten Legislaturperiode zu den zentralen Aufgaben der neuen Bundesregierung gehören wird, muss der F&I-Politik weiterhin ein hoher Stellenwert zukommen. Die Expertenkommission stellt an die nächste Bundesregierung vor allem die Erwartung, dass sie trotz der durch die Corona-Krise stark verkleinerten Haushaltsspielräume bei der F&I-Politik keine oder höchstens geringfügige Abstriche macht.

Die neue Bundesregierung benötigt weiterhin einen kohärenten Politikansatz, der den gesamten Innovationsprozess – von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung – in den Blick nimmt und dem sich alle Ressorts verpflichtet fühlen. Für die nächste Legislaturperiode müssen bei der F&I-Politik bestehende Prioritäten weiterentwickelt und neue Prioritäten gesetzt werden. Denn parallel zu den benannten positiven Entwicklungen und jenseits der Corona-bedingten Krisensymptome sind auch die kurz- und langfristigen Herausforderungen an das deutsche F&I-System gewachsen. Mit ihnen gehen Bedarfe einher, das F&I-System selbst, die F&I-Politik sowie deren Zielsetzungen kontinuierlich anzupassen.

Mit Blick auf die zu lösenden Aufgaben und Probleme sollte die F&I-Politik der kommenden Legislaturperiode ihre Strategien und Maßnahmen an fünf wesentlichen Prioritäten ausrichten. Eine hohe Priorität müssen ohne Zweifel die großen gesellschaftlichen Herausforderungen und dabei insbesondere die Nachhaltigkeitsziele haben. Ebenso wichtig für die Wohlstandsentwicklung ist es, dass Deutschland bestehende technologische Rückstände aufholt und sie bei potenziellen Schlüsseltechnologien von Beginn an vermeidet. Damit diese Ziele erreicht werden können,

muss ein rohstoffarmes Land wie Deutschland über eine starke Fachkräftebasis verfügen. Im Hinblick auf F&I-Investitionen bei privaten Unternehmen ist es darüber hinaus notwendig, die Innovationsbeteiligung zu erhöhen. Schließlich ist die Agilität der F&I-Politik eine wichtige Voraussetzung, um gesellschaftlich erwünschten transformativen Wandel erfolgreich umzusetzen (vgl. Kapitel B 1). Die Auswirkungen der Corona-Krise auf das F&I-System sind hierbei selbstverständlich jeweils mitzudenken.

Priorität „Große gesellschaftliche Herausforderungen angehen"

Bei der Gestaltung der F&I-Zielsetzungen und -Programme in der letzten Dekade spielten die großen gesellschaftlichen Herausforderungen und die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung – Sustainable Development Goals (SDGs) – eine zunehmend größere Rolle. In der HTS 2025 hat die Bundesregierung diese berücksichtigt und entsprechende Missionen formuliert, wie etwa: „Weitgehende Treibhausgasneutralität der Industrie", „Biologische Vielfalt erhalten" und „Eine sichere, vernetzte und saubere Mobilität". Auf einigen dieser Felder sind in den letzten Jahren zwar moderate Fortschritte erzielt worden – wie etwa bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen[65] –, doch stehen die angestoßenen Transformationsprozesse im Wesentlichen noch am Anfang. Erforderliche technologische Richtungsänderungen werden oft durch Lock-ins in alten Technologien gebremst, wenn nicht gar verhindert. Um diesen Lock-ins zu entkommen, ist ein Zusammenwirken von technologischen Neuerungen, Anreizen zur Verhaltensanpassung und bisweilen auch Impulsen zu Einstellungsänderungen notwendig.

Gesellschaftlichen Herausforderungen mit technologischen und sozialen Innovationen begegnen

Die großen gesellschaftlichen Herausforderungen können nur dann bewältigt werden, wenn laufende transformative Veränderungsprozesse fortgeführt und neue eingeleitet werden (vgl. Kapitel B 1). Solche Veränderungsprozesse lassen sich nicht ohne technologische und soziale Innovationen – beispielsweise für einen sozial verträglichen und auf breiter gesellschaftlicher Ebene akzeptierten Übergang zu einer nachhaltigen Mobilität – erreichen. Auch Zielkonflikte zwischen SDGs, wie Armutsbekämpfung auf der einen und Bekämpfung des Klimawandels auf der anderen Seite, lassen sich nicht ohne erhebliche und oft radikale technologische Neuerungen sowie komplementäre Verhaltensänderungen lösen.
Um die notwendigen transformativen Veränderungsprozesse anzustoßen und zu unterstützen, empfiehlt die Expertenkommission, den in der HTS 2025 bereits angelegten Ansatz einer missionsorientierten F&I-Politik weiterzuverfolgen und konsequent fortzuentwickeln. Auf der Grundlage einer Evaluation ist zu prüfen, inwiefern die bereits in der Umsetzung befindlichen Missionen der HTS 2025 fortgesetzt, angepasst oder beendet werden sollten. Zur Umsetzung von Missionen sollten Anreize zu technologischen und sozialen Innovationen gesetzt werden. Hierbei sollte die Bundesregierung noch konsequenter auf Preisinstrumente setzen. Gleichzeitig müssen in ausreichendem Maß Mittel für Grundlagenforschung und Transfer bereitgestellt werden.

Energiewende durch Innovationen weiter vorantreiben

Zur erfolgreichen Fortführung der Energiewende bedarf es weiterer Anstrengungen. Die Expertenkommission sieht hohe Potenziale sowohl in der Ausweitung der Kapazitäten von CO_2-freier Stromerzeugung als auch in der Umsetzung von Innovationen zum intertemporalen Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Letzteres bezieht sich insbesondere auf Smart Metering, Smart Grids und neue Stromspeicherungstechnologien. Darüber hinaus sind innovative Lösungen beim Markt-Design für die Stromübertragung notwendig.

Eine wichtige Säule in der Energiewende ist die Wasserstoffstrategie. Die Expertenkommission begrüßt diese Initiative und empfiehlt, weitere Impulse für deren Entwicklung und Diffusion zu setzen und entsprechende Kompetenzen aufzubauen. Sie betont jedoch, dass eine langfristige Subventionierung der Wasserstoffproduktion zu vermeiden ist. So darf die Produktion von Wasserstoff nicht zu einer Verdrängung von Grünstrom bei der regulären Stromversorgung und somit zu einem Mehreinsatz fossiler Energieträger führen.

Mobilitätswende technologieoffen begleiten

Mit der Mobilitätswende steht die Automobilindustrie als eine der deutschen Kernindustrien unter Druck. Die Expertenkommission sieht die Notwendigkeit einer F&I-politischen Begleitung, um eine nachhaltige und sozialverträgliche Mobilitätswende zu erreichen. Sie mahnt aber auch Technologieoffenheit

gegenüber alternativen nachhaltigen Antriebskonzepten an, anstatt einseitig eine spezielle Technologie zu priorisieren. Auch wenn bei batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen momentan ein technologischer und infrastruktureller Vorsprung gegenüber Brennstoffzellenfahrzeugen zu verzeichnen ist, sind Synergiepotenziale zwischen wasserstoffbetriebenem Langstrecken-, Güter- und Pkw-Verkehr zu erwarten. Da asiatische Staaten, vornehmlich Japan und Südkorea, erhebliche Ressourcen in die Weiterentwicklung der Brennstoffzellentechnologie für Pkw sowie in ihre Marktdurchdringung stecken, sollte sich Deutschland von diesem Know-how nicht abkoppeln.

Priorität „Technologische Rückstände aufholen und vermeiden"

Die Expertenkommission hat in ihren vorherigen Gutachten vor allem bei radikal neuen Technologien und deren Anwendung Rückstände Deutschlands im internationalen Vergleich identifiziert. Das betrifft beispielsweise Technologien und Anwendungen wie Servicerobotik, künstliche Intelligenz (KI), autonome Systeme, Cybersicherheitsapplikationen, E-Government, digitale Geschäftsmodelle und die Digitalisierung der Hochschulen.[66] Bedingt durch diese Entwicklungen gehört Deutschland im Prozess der digitalen Transformation nicht zur Spitzengruppe der Länder. Auch in den Lebenswissenschaften, wie etwa in der roten Biotechnologie mit der Entwicklung von CRISPR/Cas, besteht Nachholbedarf (vgl. Kapitel B 3).

Diese Rückstände deuten auf Probleme bei der Entwicklung, der Adoption und der Anwendung radikal neuer Technologien hin, was sich nachteilig auf die Leistungsfähigkeit des deutschen F&I-Systems auswirkt. Ein erster Schritt zur Vermeidung von Rückständen war die Gründung der Agentur für Sprunginnovationen. Darüber hinaus sind jedoch weitere Anstrengungen nötig.

Neue technologische Entwicklungen frühzeitig identifizieren

Die Expertenkommission empfiehlt, Technologien mit hohem Zukunftspotenzial frühzeitig durch Foresight-Prozesse zu identifizieren. Eine erforderliche Förderung dieser Technologien ist mit einer adäquaten Strategie sowie einem Etat zu unterlegen und mittels geeigneter Maßnahmen zu implementieren.

Schlüsseltechnologien definieren und fördern

Schlüsseltechnologien zeichnen sich durch eine hohe Anwendungsbreite und ein hohes innovatives Potenzial aus. Aufgrund der Systemrelevanz, des innovativen Potenzials und der hohen Wissens-Spillover (vgl. Box B 1-2) dieser Technologien spricht sich die Expertenkommission dafür aus, deren Entwicklung und Diffusion zu fördern. Dazu soll die Bundesregierung transparente und nachvollziehbare Kriterien für die Identifikation von Schlüsseltechnologien definieren. Die Expertenkommission warnt allerdings davor, Technologien nur deshalb zu Schlüsseltechnologien zu deklarieren und zu fördern, um inländischen Unternehmen im internationalen Wettbewerb unfaire Vorteile zu verschaffen.

Technologische Souveränität bei der F&I-Förderung berücksichtigen

In jüngerer Zeit hat sich eine politökonomische Debatte um das Thema der technologischen und digitalen Souveränität entwickelt, u.a. zu Fragen der Cybersicherheit sowie ethischer und rechtlicher Standards im Bereich der KI oder bei Cloud-Diensten. Die Expertenkommission begrüßt diese Debatte, warnt aber davor, tendenziell autarkische Strukturen als Problemlösung zu favorisieren. Das Konzept der technologischen Souveränität darf nicht missbraucht werden, um den Strukturwandel aufzuhalten und international nicht mehr wettbewerbsfähige Industrien zu schützen.

Digitalisierungsdynamik steigern und neue Governance-Optionen ausloten

Die erfolgreiche Umsetzung der digitalen Transformation ist ein wesentlicher Faktor für den Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Zum einen sind digitale Technologien selbst Objekt weiterer Entwicklungen, Innovationen und Geschäftsmodelle. Zum anderen nehmen sie bei vielen F&I-Prozessen direkt und indirekt Unterstützungsfunktionen ein. Die Expertenkommission mahnt nachdrücklich an, Digitalisierungsaktivitäten auf breiter Ebene verstärkt zu unterstützen und dafür geeignete Anreize zu setzen. Sie empfiehlt erneut, den Ausbau einer leistungsfähigen, digitalen Infrastruktur endlich energisch voranzutreiben.

Mit Blick auf diese komplexen Aufgaben und deren große Bedeutung für die deutsche Wirtschaft und das deutsche F&I-System erachtet es die Expertenkommission für dringend erforderlich, über neue Governance-Strukturen in der Bundesregierung, etwa in Form eines Digitalisierungsministeriums, nachzudenken.

E-Government vorantreiben und Open Government Data stärken

Deutschland liegt im Bereich E-Government im europäischen Vergleich erheblich und zunehmend zurück.[67] Die Expertenkommission rät dazu, die im Onlinezugangsgesetz gesteckten Ziele, alle öffentlichen Verwaltungsdienstleistungen bis 2022 digital verfügbar zu machen, mit Nachdruck zu verfolgen und darüber hinaus neue, nutzerfreundliche Angebote zu entwickeln. Offene, in Echtzeit verfügbare Verwaltungsdaten bergen zudem beträchtliche Innovationspotenziale für Staat, Wirtschaft und Wissenschaft.

Priorität „Fachkräftebasis sichern"

Als rohstoffarmes Land ist Deutschland auf bestens ausgebildete Menschen angewiesen, um durch Entwicklung und Nutzung technologischer Potenziale Wettbewerbsfähigkeit und Wohlstand zu gewährleisten. Darum sind ein leistungsfähiges, sozial durchlässiges Bildungssystem, Technik- und Wissenschaftskompetenz durch sehr gute MINT-Bildung auf allen Ebenen und die Gewinnung von ausländischen Fachkräften für Wirtschaft und Gesellschaft zentral. Auch die Leistungsfähigkeit des deutschen F&I-Systems beruht maßgeblich auf diesen Elementen. Hierauf weist die Expertenkommission regelmäßig hin.[68]

In den kommenden Jahren wird der Druck, die Fachkräftebasis in Deutschland zu sichern, noch zunehmen. So wird die einheimische Bevölkerung im Erwerbsalter in den nächsten Jahren deutlich zurückgehen, sodass sich wachstums- und innovationshemmende Fachkräfteengpässe verstärken und verfestigen können. Zugleich müssen in der gesamten Breite der Bevölkerung neue Kenntnisse und Fähigkeiten entwickelt werden, damit F&I und technologischer Wandel erfolgreich vorankommen und die gesellschaftliche Teilhabe gestärkt wird.

Berufliche Anpassungsfähigkeit stärken

Mit innovationsgetriebenen transformativen Entwicklungen steigen die Anforderungen an die berufliche Anpassungsfähigkeit (vgl. Kapitel B 2). Damit die berufsbezogene Weiterbildung zur Anpassung an diese Entwicklungen frühzeitig beginnt, bevor Beschäftigung verloren geht, empfiehlt die Expertenkommission, das vorhandene Förderinstrumentarium um Maßnahmen zur Unterstützung präventiver Anpassungsqualifizierungen zu ergänzen. Zur Unterstützung bedarfsgerechter Aus- und Weiterbildung sollte ein umfassendes Monitoring von beruflichen Fähigkeiten aufgebaut werden. Um die Beschäftigungsfähigkeit im digitalen Wandel zu sichern, müssen Aus- und Weiterbildung noch stärker darauf ausgerichtet werden, sowohl digitale als auch nichtdigitale Kernfähigkeiten zu vermitteln.

Inländische Fachkräftebasis besser ausschöpfen

Die Bundesregierung sollte die Rahmenbedingungen für die bessere Nutzung der vorhandenen Potenziale zur Fachkräftesicherung im Inland verbessern.[69] Die Expertenkommission empfiehlt dazu insbesondere, die Maßnahmen zur berufsbegleitenden Höherqualifizierung und zur nachholenden beruflichen Qualifizierung von schlecht in den Arbeitsmarkt integrierten Gruppen – insbesondere An- und Ungelernte sowie Menschen mit Migrationshintergrund – zu verstärken. Außerdem empfiehlt sie, noch stärkere Anreize für eine vollzeitnahe Beschäftigung von Frauen zu schaffen und Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Erwerbsbeteiligung älterer Menschen, wie etwa die Schaffung attraktiverer Bedingungen bei einer Beschäftigung über die Regelaltersgrenze hinaus, zu ergreifen.

Vermehrt ausländische Fachkräfte gewinnen

Mit dem Fachkräfteeinwanderungsgesetz hat die Bundesregierung die Zuwanderung von Fachkräften aus Drittstaaten in Engpassbereiche erleichtert. Um Deutschland im internationalen Wettbewerb um Fachkräfte noch besser zu positionieren, sollte die von der Bundesregierung unter Federführung des BMWi erarbeitete Strategie zur gezielten Gewinnung von Fachkräften aus Drittstaaten zügig vorangetrieben werden.[70] Die Expertenkommission betont, dass insbesondere berufsbezogene Qualifizierungsmaßnahmen und die Sprachförderung im In- und Ausland

weiter gestärkt werden sollten. Daneben sollten KMU durch Hilfen zur Rekrutierung im Ausland stärker unterstützt werden.

Priorität „Innovationsbeteiligung erhöhen"

In den letzten Jahrzehnten ist in Deutschland ein Rückgang der Produktivitätswachstumsraten zu beobachten.[71] Gleichzeitig sinkt der Anteil innovativer Unternehmen sowohl in der Industrie als auch im Dienstleistungssektor und somit die Innovationsbeteiligung.[72] Zudem lässt sich ein Rückgang der Gründungsaktivitäten vor allem in der forschungsintensiven Industrie und in den wissensintensiven Dienstleistungen feststellen.[73] Die Bedingungen für rentable Innovationsaktivitäten auf breiter Ebene, insbesondere für KMU, sowie für die Beteiligung an F&I-Aktivitäten scheinen sich daher zu verschlechtern. Diese Entwicklungen können als Frühwarnindikatoren für Schwächungen des F&I-Systems angesehen werden. Hierauf ist von Seiten der F&I-Politik entsprechend zu reagieren.[74]

Erkenntnis- und Technologietransfer stärken

Der Transfer von Erkenntnissen und Wissen aus der Wissenschaft in Wirtschaft und Gesellschaft kann Innovationstätigkeiten initiieren und beflügeln. Jedoch werden neue Ideen und Erkenntnisse aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen oft nicht genutzt. So fehlt es den Forschenden an Anreizen und den notwendigen Kompetenzen, die gewonnenen Erkenntnisse über den akademischen Kontext hinaus zu vermitteln.[75] Auch die Rahmenbedingungen für den Transfer, wenn es etwa bei akademischen Ausgründungen um Finanzierungs-, Beteiligungs- oder Lizenzierungskonditionen geht, zeigen sich oft eher hemmend und international nicht wettbewerbsfähig. Die Expertenkommission regt hier nachdrücklich an, geeignete Förderformate auszubauen[76] und weiterzuentwickeln sowie entsprechende Rahmenbedingungen für Transferaktivitäten aus dem Wissenschaftssektor hinaus voranzutreiben.

Forschungszulage evaluieren und bei Bedarf anpassen

Eine breite F&I-Beteiligung und hohe F&I-Intensität sind essenziell für die Leistungsfähigkeit eines F&I-Systems. Ein Instrument zur Erreichung dieses Ziels ist die steuerliche FuE-Förderung. Die Expertenkommission hat sie seit Langem gefordert und begrüßt es daher nachdrücklich, dass die Forschungszulage zum 1. Januar 2020 eingeführt wurde.[77] Sie ist so schnell wie möglich zu evaluieren und dann gegebenenfalls entsprechend anzupassen.

Öffentliche Beschaffung und Investitionen innovationsorientiert ausrichten

Die öffentliche Beschaffung kann wichtige Impulse für Innovationsaktivitäten und -beteiligung setzen. Angesichts des beträchtlichen öffentlichen Beschaffungsvolumens plädiert die Expertenkommission dafür, einen Teil dieser Mittel stärker und koordinierter als bisher für die Förderung von Innovationen zu nutzen.[78] Für diesen Teil der Mittel müssten das Vergaberecht und die Praxis der öffentlichen Beschaffung mit einer „Priorität für das innovative Angebot" angepasst werden.[79] Ein solches Innovationskriterium sollte allerdings eine sorgfältige Abwägung der positiven Wirkungen eines zu erwartenden Marktdurchbruchs gegenüber den eventuellen Mehrkosten der Beschaffung beinhalten.

Die Expertenkommission sieht im Vorschlag einer Zukunftsquote, die im Haushalt einen festen Anteil für Investitionen in den Bereichen Bildung, Forschung, neue Technologien, Umwelt- und Klimaschutz sowie moderne Infrastruktur u.a. für Digitalisierung vorsieht, Potenzial und fordert die Bundesregierung auf, diesen Vorschlag entsprechend zu prüfen.

Priorität „Agilität der F&I-Politik steigern"

Mit der großen Bedeutung des F&I-Systems für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und vor dem Hintergrund des anstehenden transformativen Wandels mit großen strukturellen Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft kommt dem Staat bei der Begleitung und Initiierung dieser Prozesse eine besondere Bedeutung zu.

Die Komplexität und Breite der Transformationsprozesse, die damit verbundene Unsicherheit von Förderergebnissen und die Notwendigkeit der Koordination von Politikmaßnahmen erfordern ein proaktives, flexibles und reflexives, oft auch schnelles politisches Handeln der F&I-Politik. Daneben sind partizipative Formate und ein hohes Maß an struktureller Anpassungsfähigkeit wichtige Elemente einer agilen F&I-Politik.

Die Träger der deutschen F&I-Politik handeln in diesem Sinne noch nicht hinreichend agil. Bürokratische Strukturen mit langen Entscheidungswegen, unzureichende übergeordnete Koordinationsstrukturen, ein Mangel an Reflexionsräumen, eine gering ausgeprägte Fehlerkultur sowie eine gewisse Scheu vor Evaluation und entsprechenden notwendigen Anpassungen herrschen stattdessen vor. Partizipative Elemente werden zwar gelebt, beeinflussen aber das Politikhandeln noch nicht in allen Belangen.

Neue Missionsorientierung marktorientiert ausrichten

Vor dem Hintergrund der großen gesellschaftlichen Herausforderungen empfiehlt die Expertenkommission, F&I-politische Missionen (vgl. Kapitel B 1) zu verfolgen, die darauf gerichtet sind, einen transformativen Wandel zu ermöglichen oder zu beschleunigen. Sie spricht sich für eine marktorientierte Version der Neuen Missionsorientierung aus. Wesentliches Merkmal dieses F&I-politischen Ansatzes ist es, keine konkreten technologischen oder organisatorischen Lösungen für die Missionen vorzugeben, sondern einen Korridor aufzuzeigen, in dem der Markt als Entdeckungsverfahren genutzt werden kann. F&I-politische Eingriffe in den Markt sollten, wenn überhaupt, katalytisch wirken, um aus Lock-in-Situationen herauszukommen oder junge Industrien zu fördern.

Politikkoordination weiter verbessern

Bei der Verfolgung des Politikansatzes der Neuen Missionsorientierung ist die F&I-Politik in besonderem Maße gefordert, Fördermaßnahmen und regulatorische Anpassungen auf breiter Ebene zu steuern (vgl. Kapitel B 1). Um dabei widersprüchliche Politikimpulse zu verhindern und Synergien zu realisieren, sollte insbesondere die horizontale Koordination in der F&I-Politik weiter verbessert werden. Maßnahmen und Initiativen aus verschiedenen Politikfeldern sind inhaltlich und zeitlich aufeinander abzustimmen.

Politiklernen stärker in Prozesse integrieren

Die Expertenkommission empfiehlt, auf strategischer, struktureller und operativer Ebene staatlicher F&I-Politik geeignete neue Formate zur Unterstützung und Verbesserung des Politiklernens zu entwickeln, zu testen und zu implementieren. Politiklernen ist stärker als bisher von vornherein in die Prozesse zu integrieren. Eine Politik des Experimentierens, beispielsweise im Rahmen von Experimentierräumen, und Evaluationen sind hierbei wichtige Eckpfeiler. Dabei ist auch die Evaluierungspraxis kritisch zu hinterfragen und wissenschaftlich zu bewerten.

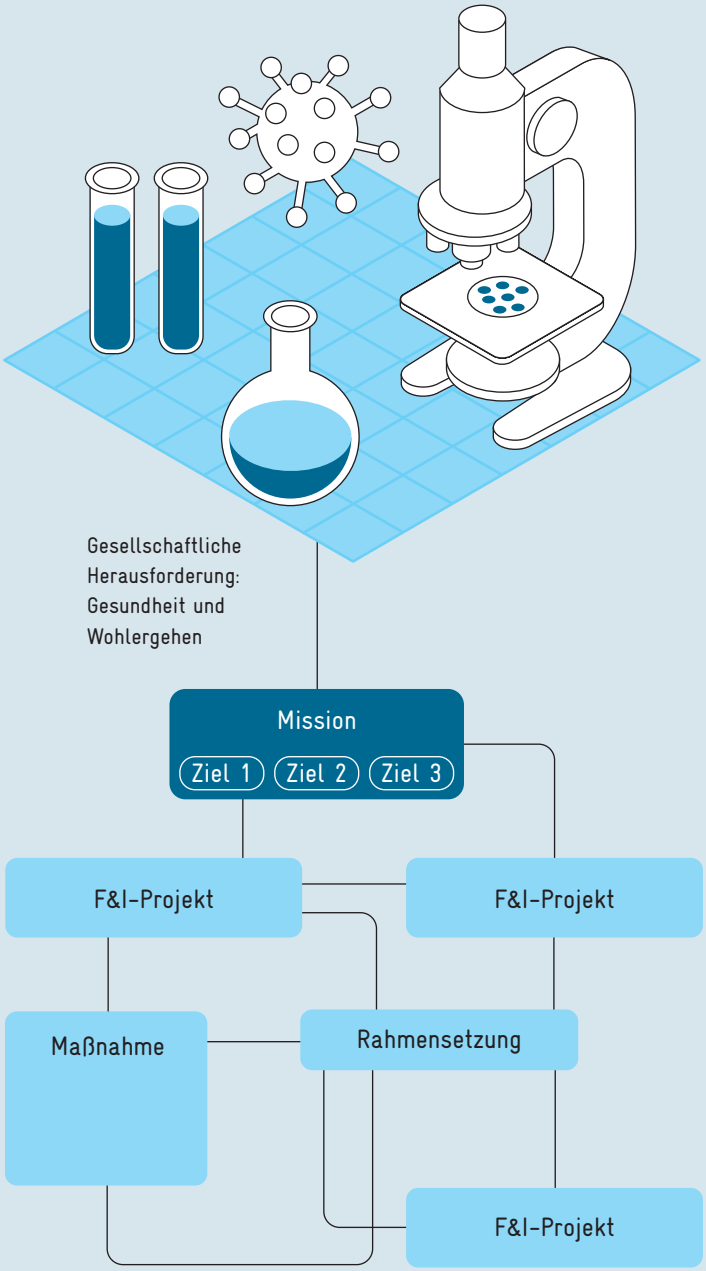
KERNTHEMEN 2021

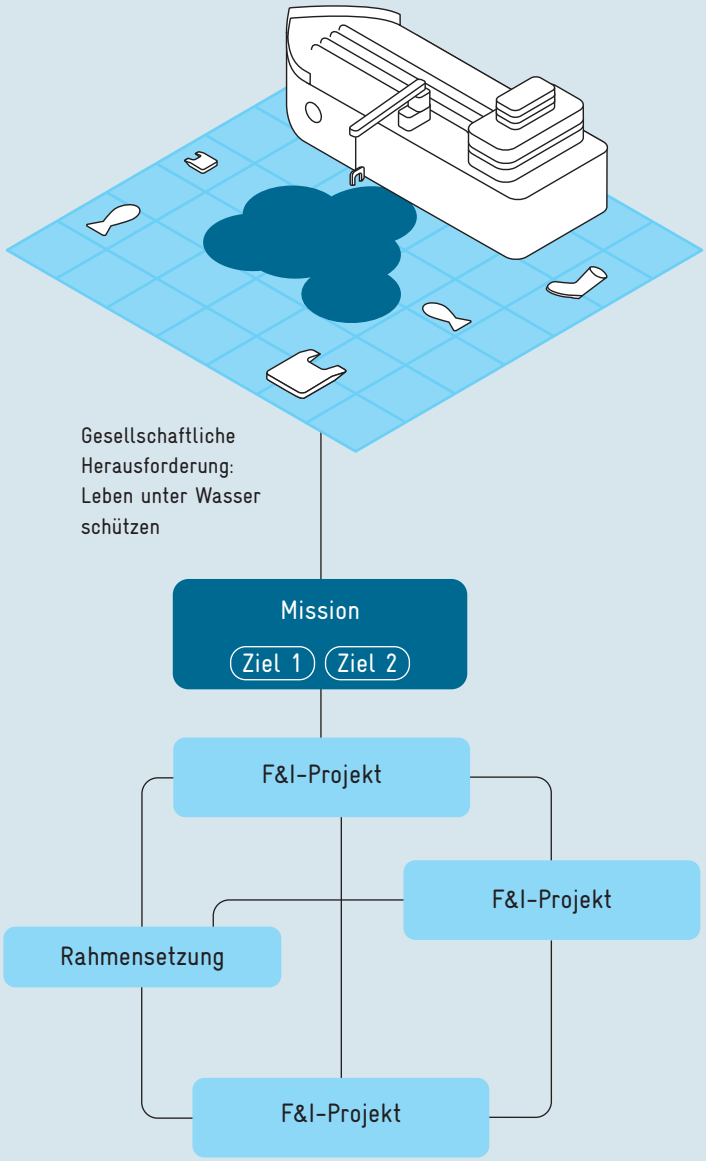
B

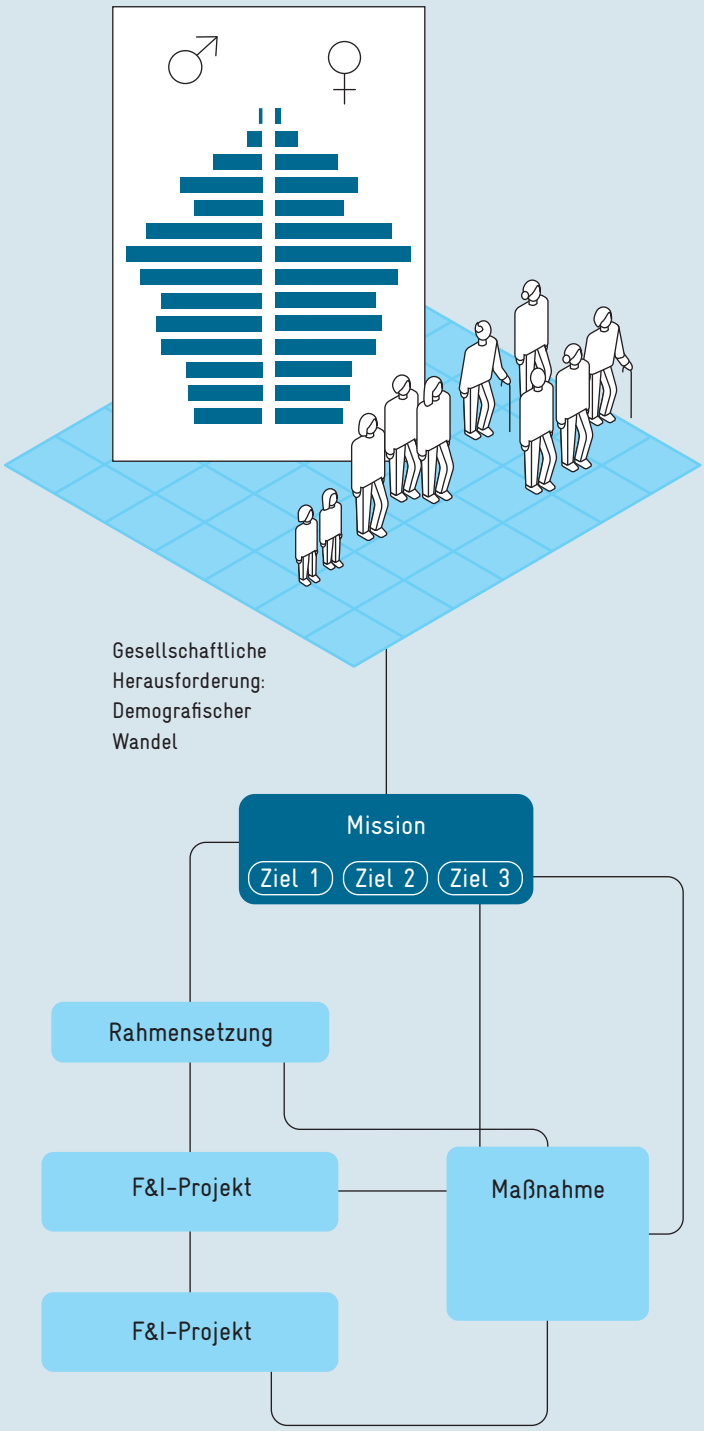
B 1 Neue Missionsorientierung und Agilität in der F&I-Politik

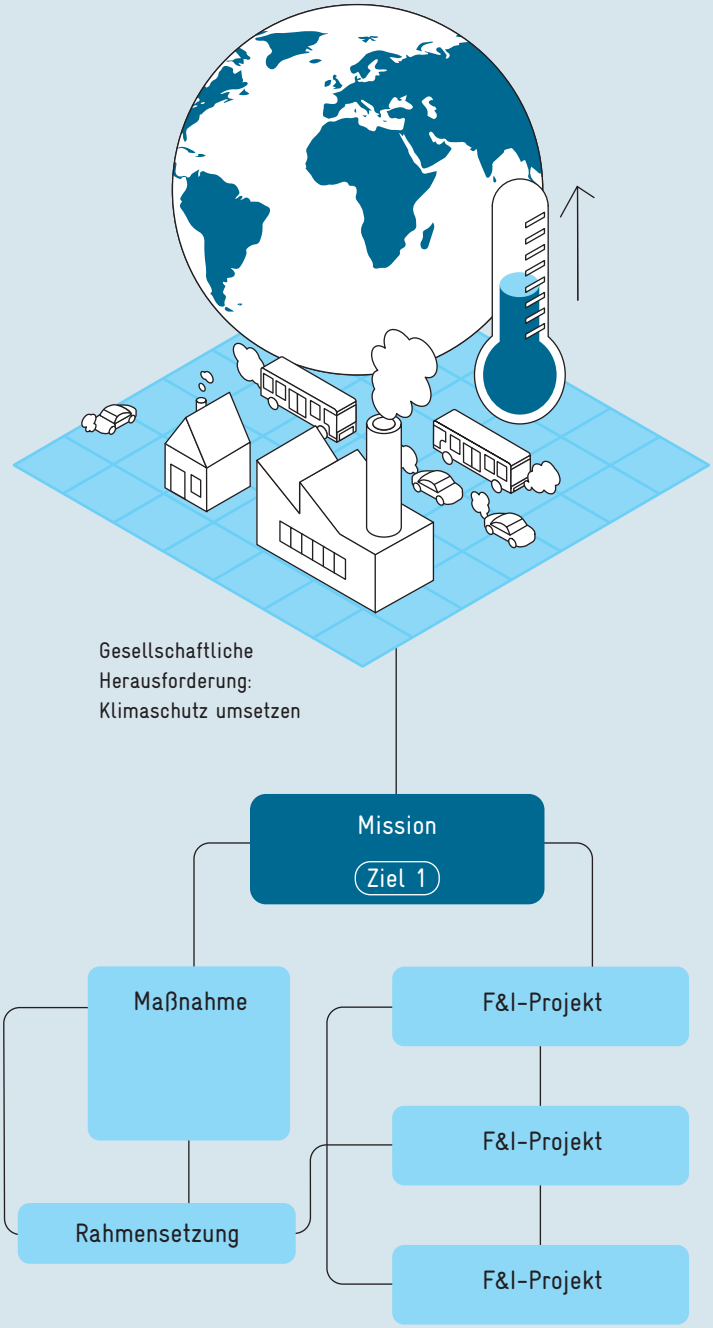
Download Daten

Die Neue Missionsorientierung ist ein Ansatz der F&I-Politik, der auf die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen gerichtet ist und auf einen transformativen Wandel der 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. Um die Neue Missionsorientierung erfolgreich realisieren zu können, ist agiles Politikhandeln erforderlich.






Gesellschaftliche Herausforderung: Demografischer Wandel
Mission
Ziel 1
Ziel 2
Ziel 3
Rahmensetzung
F&I-Projekt
Maßnahme
F&I-Projekt


Gesellschaftliche Herausforderung: Klimaschutz umsetzen
Mission
Ziel 1
Maßnahme
Rahmensetzung
F&I-Projekt
F&I-Projekt
F&I-Projekt

B 1 Neue Missionsorientierung und Agilität in der F&I-Politik

Mit der sogenannten Neuen Missionsorientierung entwickelt sich ein Ansatz der F&I-Politik, der vor dem Hintergrund der von den Vereinten Nationen im Jahr 2000 beschlossenen Millennium Development Goals (MDGs) und der im Jahr 2015 verabschiedeten Sustainable Development Goals (SDGs) auf die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen gerichtet ist sowie auf einen transformativen Wandel der Wirtschaft und Gesellschaft abzielt. Dazu werden sogenannte Missionen formuliert, die konkrete Transformationsziele beinhalten und durch F&I-politische und komplementäre politische Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Der Ansatz der Neuen Missionsorientierung wurde zunächst im wissenschaftlichen Umfeld und im politischen Raum intensiv diskutiert. Mittlerweile hat er Eingang in die politische Praxis gefunden und wird zunehmend umgesetzt.

Die großen gesellschaftlichen Herausforderungen sind vielschichtig und ihre Bewältigung stellt eine langfristige und komplexe Aufgabe dar. Hieraus ergeben sich hohe Anforderungen an eine F&I-Politik, die Missionen formuliert und umsetzt. Deren Governance erfordert Agilität. Agile Politik ist nicht nur durch eine schnelle und flexible Reaktion auf Veränderungen gekennzeichnet, sondern sie ist darüber hinaus proaktiv, bindet relevante Akteure ein, überprüft die von ihr eingeleiteten Maßnahmen kontinuierlich und passt sie gegebenenfalls an.

B 1-1 Von der klassischen zur Neuen Missionsorientierung

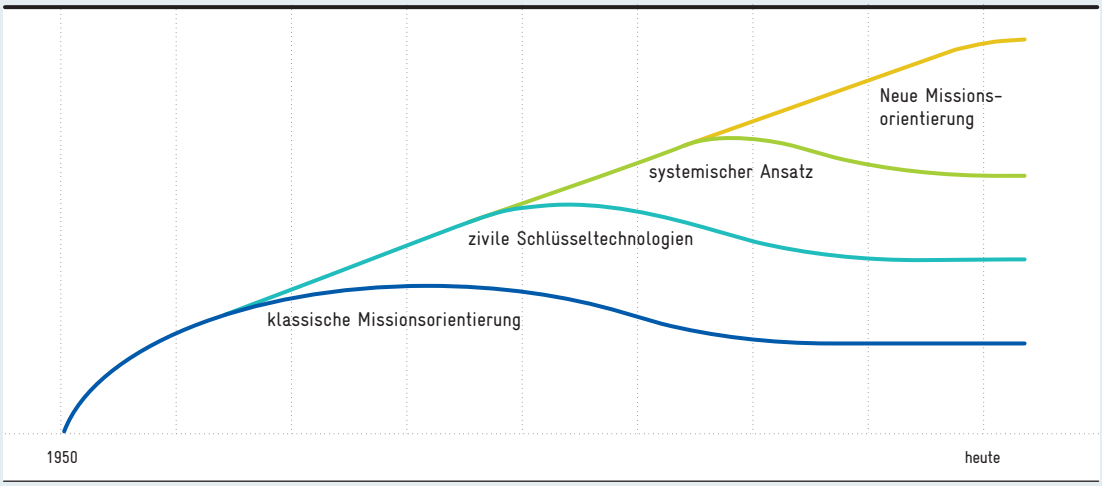
In den vergangenen 75 Jahren haben sich in der F&I-Politik Deutschlands und anderer Industrieländer unterschiedliche Politikansätze entwickelt, die darauf abzielen, Innovationshemmnisse zu beseitigen und damit Wachstum und Wohlstand zu fördern. Die einzelnen Politikansätze und ihre Begründungen haben einander nicht abgelöst, sondern setzen additiv aufeinander auf (vgl. Abbildung B 1-1 und Box B 1-2).[80]

- Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde zunächst der Politikansatz der klassischen Missionsorientierung geprägt, bei dem die Bereitstellung öffentlicher Güter (vgl. Box B 1-2) im Fokus steht. Die F&I-Politik ist bei der klassischen Missionsorientierung darauf gerichtet, neben der Grundlagenforschung die Entwicklung von Großtechnologien für den staatlichen Bedarf – etwa in den Bereichen Atomkraft und Raumfahrt – zu fördern. Im Rahmen dieses Ansatzes wurden beispielsweise in den 1950er Jahren thematisch spezialisierte öffentliche Großforschungseinrichtungen wie der Forschungsreaktor München und das CERN in der Nähe von Genf geschaffen.[81]
- Seit den 1960er Jahren wird die klassische Missionsorientierung durch einen diffusionsorientierten Ansatz ergänzt, der zivile Schlüsseltechnologien mit großem kommerziellen Anwendungspotenzial ins Blickfeld rückt. Durch die Förderung ziviler Schlüsseltechnologien sollen Wissens-Spillover (vgl. Box B 1-2) genutzt werden. Die Förderung soll einen breiten Adressatenkreis aus Wissenschaft und Wirtschaft ansprechen und dort die F&I-Aktivitäten intensivieren. Der Politikansatz findet auch Ausdruck in nationalen Technologieprogrammen. So legte die Bundesregierung Ende der 1960er Jahre das erste Fachprogramm zur Förderung der Datenverarbeitung auf.[82] Aktuelle Beispiele sind die KI- und die Blockchain-Strategie.
- Die systemische F&I-Politik greift seit den 1990er Jahren aktuelle Konzepte aus der Innovationsforschung auf, wie z. B. den Innovationssystem-Ansatz und den Cluster-Ansatz. Dabei werden funktionale Aspekte des Innovationssystems

Abb B 1-1

Download Daten

Ansätze der F&I-Politik im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Gassler et al. (2006).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

betont – etwa Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, Innovationsaktivitäten in KMU und Start-ups, regionale Netzwerke sowie innovationsfreundliche Rahmenbedingungen. Der Politikansatz zielt darauf ab, Systemversagen (vgl. Box B 1-2) zu überwinden und somit das Niveau der Innovationstätigkeit zu erhöhen. Es wird eine Vielfalt von Instrumenten genutzt. Beispiele dafür sind der mittlerweile ausgelaufene Spitzencluster-Wettbewerb des BMBF, die Programmfamilie Innovation und Strukturwandel des BMBF und das Programm go-Inno des BMWi.

– Der Politikansatz der Neuen Missionsorientierung wird seit etwa 20 Jahren im wissenschaftlichen Umfeld und im politischen Raum verstärkt diskutiert.[83] Die Umsetzung des Ansatzes läuft allerdings gerade erst an und schlägt sich in jüngerer Zeit explizit in Strategien und Programmen nieder. Die Neue Missionsorientierung setzt an den Schwierigkeiten des F&I-Systems an, völlig neue Innovationsrichtungen einzuschlagen und Technologien zu entwickeln, die für einen gesellschaftlich erwünschten transformativen Wandel notwendig sind. Durch F&I-politische Maßnahmen soll bestehendes Transformationsversagen (vgl. Box B 1-2) überwunden und die Erreichung der SDGs forciert werden. Die Neue Missionsorientierung hat zwar – wie die anderen Politikansätze auch – eine Verstärkung der Innovationsaktivitäten im Blick, zielt aber primär auf grundlegende gesellschaftliche Ziele ab, wie etwa Klimaschutz, Erhalt der Biodiversität, Bekämpfung von Volkskrankheiten sowie die Stärkung des gesellschaftlichen Zusammenhalts.

Neue Missionsorientierung: Anforderungen an die F&I-Politik B 1–2

Ausgangspunkt einer auf die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen ausgerichteten F&I-Politik sind Missionen,[84] die konkrete Transformationsziele spezifizieren und durch F&I-politische sowie komplementäre politische Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Missionen konstituieren den Politikansatz der Neuen Missionsorientierung und sind als Bindeglied zwischen den großen gesellschaftlichen Herausforderungen und konkreten F&I-Projekten zu verstehen (vgl. Infografik Kapitel B 1).[85]

Bei der Umsetzung der Missionen geht es darum, drängende Probleme innerhalb eines angemessenen Zeitrahmens und Budgets zu lösen.[86] Den Missionen kommt eine katalytische Funktion[87] zu – sie dienen dazu, auf einen neuen Entwicklungspfad umzulenken, und sind erfüllt, wenn dies erreicht ist. Allerdings können Missionen in der Regel nicht alleine durch die Beiträge von F&I erfüllt werden, sondern erfordern komplementäre Impulse aus anderen Politikfeldern. Diese Impulse sind insbesondere für das Aufgreifen

Box B 1-2

Begründungen für F&I-politische Maßnahmen

Marktversagen

Marktkräfte stellen nicht immer sicher, dass F&I in volkswirtschaftlich optimalem Umfang betrieben wird. Es treten gewichtige Formen von Marktversagen auf, die sich negativ auf die Anreize privatwirtschaftlicher Akteure auswirken, F&I-Aktivitäten durchzuführen:[88]

Öffentliche Güter: Öffentliche Güter sind durch Nicht-Rivalität im Konsum und Nicht-Ausschließbarkeit gekennzeichnet. Die Nutzung des Gutes durch einen Akteur mindert nicht die Nutzungsmöglichkeiten anderer Akteure. Zudem können diese Akteure nicht von einer Nutzung ausgeschlossen werden. Ein öffentliches Gut sind zum Beispiel die Ergebnisse der Grundlagenforschung, die von privatwirtschaftlichen Akteuren nicht in hinreichendem Umfang generiert werden. In einem solchen Fall können Finanzierung und Bereitstellung durch den Staat sinnvoll sein.

Wissens-Spillover: Bei F&I-Aktivitäten treten Externalitäten in Form von Wissensabflüssen auf, die der Wissensproduzent nicht verhindern kann. So können Wettbewerber durch Inspektion eines innovativen Produktes an Wissen gelangen, ohne selbst die vollen Kosten für die Wissensproduktion tragen zu müssen. In diesem Fall weichen die privaten Erträge der Innovation von den gesellschaftlichen Erträgen ab und der Innovator wird – aus gesellschaftlicher Sicht – zu wenig in die Wissensproduktion investieren.

Asymmetrische Information: Von asymmetrischer Information spricht man, wenn eine Marktseite besser informiert ist als die andere. Dies tritt beispielsweise bei der Finanzierung von F&I-Tätigkeiten durch Dritte auf. Externe Kapitalgeber können die Erfolgschancen von F&I-Projekten weniger verlässlich einschätzen als die F&I-aktiven Unternehmen. Diese Informationsasymmetrie führt dazu, dass eine geringere Zahl von F&I-Projekten finanziert wird, als gesamtwirtschaftlich sinnvoll wäre.

Unsicherheit: Während bei risikobehafteten Situationen die Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Zustände bekannt sind, liegen bei Situationen der Unsicherheit keinerlei Eintrittswahrscheinlichkeiten vor. Unsicherheit kann dazu führen, dass Innovationsakteure F&I-Aktivitäten unterlassen, weil sie die Folgen ihres Handelns nicht abschätzen können.

Systemversagen

Der Begriff des Systemversagens fasst funktionale Mängel des Innovationssystems zusammen. Diese Mängel führen dazu, dass in geringerem Umfang Innovationsaktivitäten durchgeführt werden, als dies aus volkswirtschaftlicher Sicht wünschenswert wäre:[89]

Netzwerkfehler: Mangelnde Interaktionen mit anderen Akteuren hemmen die Nutzung komplementärer Wissensquellen und interaktiver Lernprozesse. Die enge Zusammenarbeit in etablierten Innovationsnetzwerken kann wiederum dazu führen, dass der Austausch mit Partnerinnen und Partnern außerhalb des Netzwerks zu kurz kommt und somit zu wenig neue Anregungen und Ideen eingespeist sowie Pfadabhängigkeiten verfestigt werden.

Institutionelle Mängel: Institutionelle Mängel bestehen, wenn Gesetze und Vorschriften – z. B. die Rechte an geistigem Eigentum oder Haftungsregeln für autonome Systeme – Innovationsaktivitäten hemmen. Auch gesellschaftliche Werte und Normen wie die Verankerung einer Gründungskultur oder die Einstellung zu neuen Technologien können Auswirkungen auf das Innovationsgeschehen haben.

Mangel an innovationsrelevanter Infrastruktur: Innovationsrelevante Infrastruktur wird von privaten Investoren aufgrund des damit verbundenen Aufwands und des auf lange Frist angelegten Betriebs in zu geringem Maße bereitgestellt.

Mangelnde Kompetenzen: Mangelnde Kompetenzen bei den Innovationsakteuren führen dazu, dass sie neues Wissen nicht aufnehmen, neue Technologien nicht aufgreifen und sich nicht an neue Situationen anpassen.

Transformationsversagen

Innovationen können grundsätzlich dazu beitragen, gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen, und somit einen transformativen Wandel zur Erreichung gesellschaftlich erwünschter Ziele ermöglichen und beschleunigen. Es existieren jedoch verschiedene Formen des Transformationsversagens, die dazu führen, dass entsprechende Innovationen nicht getätigt werden bzw. nicht in ausreichendem Maße in die Anwendung kommen.[90]

Mangel an Nachfrage-Artikulation: Transformativer Wandel kann dadurch gebremst oder behindert werden, dass ihn tragende und aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive wünschenswerte innovative Produkte und Dienstleistungen nicht nachgefragt werden. Da noch kein Markt besteht, haben Nutzerinnen und Nutzer keine Möglichkeit, ihren Bedarf zu artikulieren. Potenzielle Anbieter können daher keine bedarfsgerechten Angebote entwickeln. Ein weiterer Grund für eine mangelnde Nachfrage-Angebots-Koordination kann das Fehlen komplementärer technologischer und sozialer Innovationen sein.

Mangel an Direktionalität: Die am Transformationsprozess beteiligten Akteure sind aufgrund von Netzwerk- bzw. Lock-in-Effekten nicht in der Lage, sich selbst in Richtung der gesellschaftlich erwünschten Transformationsziele zu koordinieren und kollektiv zu handeln. Zudem können Regulierung und Standardisierung, traditionelle F&I-Förderung und Infrastrukturen in unzureichendem Maße darauf ausgerichtet sein, die Koordination privater Akteure zu transformativem Wandel zu befördern.

Mangel an Politikkoordination: Es bestehen Defizite bei der für den transformativen Wandel essenziellen horizontalen, vertikalen und zeitlichen Politikkoordination sowie bei der Koordination von öffentlichem und privatem Sektor.

Mangel an Reflexivität: Das benötigte Nachjustieren der Maßnahmen und Ziele für den transformativen Wandel ist unzureichend ausgeprägt. Das heißt, die Erreichung der Transformationsziele wird nicht kontinuierlich überwacht und geeignete Anpassungsstrategien werden nicht entwickelt.

neuer Lösungen in der Breite und die damit einhergehende Anpassung an gesellschaftliche Anforderungen von zentraler Bedeutung.

Formulierung von Missionen als strategische Aufgabe

Auf strategischer Ebene ergibt sich die Anforderung, einen geeigneten Prozess zur Formulierung der Missionen zu etablieren.[91] Dieser Prozess sollte breit angelegt sein, da transformativer Wandel viele gesellschaftliche Gruppen betrifft. Dadurch kann die Akzeptanz, die für den Erfolg der Missionen ausschlaggebend ist, von Anfang an aufgebaut werden.

Da für einen transformativen Wandel sowohl technologische als auch soziale Innovationen erforderlich sind, ist es förderlich, Missionen so auszurichten, dass sie bei unterschiedlichen Akteursgruppen F&I-Aktivitäten anstoßen. Diesbezügliche Maßnahmen müssen Nutzerbedürfnisse und mögliche Beeinträchtigungen bei Betroffenen berücksichtigen.

Politikkoordination als zentrale Aufgabe bei der Umsetzung von Missionen

Die Umsetzung von Missionen bedarf nicht nur aufeinander abgestimmter F&I-politischer Maßnahmen, sondern eines kohärenten, politikfeldübergreifenden Policy Mix.[92] Aus dem Politikansatz der Neuen Missionsorientierung ergeben sich auf operativer Ebene folglich vielfältige Anforderungen an die Politikkoordination:[93]

- Um Missionen zum Erfolg führen zu können, ist horizontale Politikkoordination erforderlich, d.h. die F&I-Politik und andere Politikfelder werden inhaltlich und zeitlich aufeinander abgestimmt. So können Missionen, die Klimaziele beinhalten, beispielsweise Schnittstellen zur Umwelt-, zur Steuer- und zur Sozialpolitik aufweisen.
- Missionen können mehrere Politikebenen berühren – von der kommunalen Ebene über die Länder- und die Bundesebene bis zur EU-Ebene. Demzufolge ist hier vertikale Politikkoordination relevant.
- Innerhalb der Ressorts, die an Missionen beteiligt sind, können unterschiedliche Abteilungen involviert sein, sodass eine intraministerielle Koordination erforderlich ist. Des Weiteren besteht enger Abstimmungsbedarf mit den ausführenden Stellen.

Eine auf transformativen Wandel ausgerichtete Politik macht es auf operativer Ebene erforderlich, ein kontinuierliches Monitoring durchzuführen sowie die ergriffenen Maßnahmen zu evaluieren und bei Bedarf anzupassen.[94]

- Durch die Komplexität des Politikansatzes ist es nicht nur notwendig, die Wirkung einzelner F&I-politischer Instrumente zu betrachten, sondern auch das Zusammenwirken der Maßnahmen und Initiativen des Policy Mix zu evaluieren. Diese Evaluationen sind allerdings sehr anspruchsvoll und traditionelle Methoden können hier an ihre Grenzen stoßen.[95]
- Durch eine experimentelle F&I-Politik, wie etwa in Form von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten, können Erkenntnisse zur möglichen Anpassung von Maßnahmen gewonnen werden.

Missionen als Element der Hightech-Strategie 2025

Im Rahmen der Hightech-Strategie (HTS) 2025 wurden Missionen als neues Element der deutschen F&I-Politik eingeführt (vgl. Box B 1-3). Die Expertenkommission hat in ihrem Jahresgutachten 2019 gewürdigt, dass mit der Formulierung von Missionen ein neuer Ansatz gewagt wurde.[96] Allerdings entspricht dieser Ansatz nicht in allen dort formulierten Missionen dem Konzept der Neuen Missionsorientierung.

Box B 1-3

Missionen der Hightech-Strategie 2025

Missionen sollen laut Bundesregierung die ressortübergreifende Zusammenarbeit in der F&I-Politik stärken und Forschungsergebnisse gezielt in die Umsetzung bringen.[97] Die HTS 2025 enthält zwölf Missionen, die unter Federführung des BMBF in einem Top-Down-Ansatz formuliert wurden. Das sind im Einzelnen: „Krebs bekämpfen", „Forschung und Versorgung digital vernetzen – für eine intelligente Medizin", „Die Batteriezellproduktion in Deutschland aufbauen", „Künstliche Intelligenz in die Anwendung bringen", „Weitgehende Treibhausgasneutralität der Industrie", „Nachhaltiges Wirtschaften in Kreisläufen", „Neue Quellen für neues Wissen", „Plastikeinträge in die Umwelt substanziell verringern", „Biologische Vielfalt erhalten", „Eine sichere, vernetzte und saubere Mobilität", „Gut leben und arbeiten im ganzen Land" und „Technik für den Menschen".

Die zwölf Missionen sind sehr heterogen. Sie unterscheiden sich u.a. in Breite und Messbarkeit der Ziele sowie in den antizipierten Zeithorizonten. Während beispielsweise die Mission „Gut leben und arbeiten im ganzen Land" viel Interpretations- und Handlungsspielraum bietet, ist die Mission „Die Batteriezellproduktion in Deutschland aufbauen" deutlich enger formuliert.

Die Umsetzung der HTS 2025 wird von einem Beratungsgremium, dem Hightech-Forum (HTF), begleitet. Eine der Zielsetzungen des HTF ist es, hinsichtlich der zwölf Missionen Handlungsempfehlungen und Umsetzungsvorschläge an die Bundesregierung auszusprechen und somit ein Politiklernen zu bewirken. Die thematisch spezifischen Impulspapiere des HTF verfolgen zweierlei Ziele: Zum einen werden sie der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt, um den Diskurs aus den verschiedenen Perspektiven voranzutreiben. Zum anderen werden die Empfehlungen in regelmäßig stattfindenden Staatssekretärsrunden ministeriumsübergreifend diskutiert.

Im Jahr 2020 hat das HTF einen partizipativen Ansatz mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft und Gesellschaft durch seine Begleitung des Beteiligungsprozesses zur Weiterentwicklung der HTS 2025 umgesetzt. Im Rahmen von Online-Diskussionen und Konferenzen konnten sich die Akteure zu verschiedenen Themenschwerpunkten aktiv einbringen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden in Ergebnisdialogen weiter erörtert und abschließend in der Staatssekretärsrunde präsentiert. Laut BMBF sollen die Ergebnisse in die Nachfolgestrategie der HTS 2025 einfließen.

Zu den Missionen der HTS 2025 wird vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) eine Begleitforschung durchgeführt, deren Ergebnisse voraussichtlich im Frühjahr 2021 veröffentlicht werden. Die Expertenkommission begrüßt, dass eine Begleitforschung etabliert wird, und hat die Erwartung, dass eine abschließende Evaluation der Missionen im Rahmen der HTS 2025 vorgenommen wird.

B 1-3 Neue Missionsorientierung: Die Rolle des Staates

Umfang staatlicher Markteingriffe kontrovers diskutiert

Darüber, welche Rolle der Staat in seiner auf transformativen Wandel ausgerichteten Politik einnehmen soll, gibt es unterschiedliche Ansichten. Im Zentrum der kontrovers geführten Diskussion steht die Frage nach den Grenzen staatlichen Handelns im Kontext Markt versus Staat. Den einen[98] reicht es aus, dass der Staat im F&I-System Markt- oder Systemversagenstatbestände identifiziert und die sich daraus ergebenden Unterinvestitionen in F&I mittels Förderung der Grundlagenforschung sowie einzelner, anreizkompatibler Maßnahmen behebt. Dadurch sollen sich die Innovationsaktivitäten intensivieren und aus dem Markt heraus in Richtung der gesetzten Ziele oder Mission entwickeln.

Andere[99] sehen es gerade als das zentrale Problem an, dass sich die gewünschten Richtungsänderungen nicht durch die Marktkräfte erreichen lassen. Nicht artikulierte Nachfrage und Lock-in-Effekte sind Gründe dafür, dass es sich für innovative Akteure nicht lohnt, neue gesellschaftlich gewünschte Innovationsrichtungen einzuschlagen. Daher greift eine reine Intensivierung von Innovationsaktivitäten auf bekannten Technologiefeldern zu kurz, da sie diese nicht oder nicht hinreichend in Richtung gesetzter Missionen zu lenken vermag. Aus diesem Grund werden politische Eingriffe, die auf Richtungsänderung setzen, als notwendig erachtet. Einzelne Stimmen schlagen in diesem Zusammenhang einen unternehmerischen Staat vor.[100] Dieser würde alle Aktivitäten entlang des Innovationsprozesses direkt übernehmen – oder sie eng anleiten – und folglich auch die entsprechenden Profite erzielen. Kritikerinnen und Kritiker dieser Position befürchten, dass der Staat industriepolitisch agiert und bei der Umsetzung von Missionen Maßnahmen einsetzt, die in die Kreativität des Marktes und damit in einen offenen Problemlösungsprozess eingreifen.[101]

Das Umlenken von Innovationsaktivitäten durch den Staat in Richtungen, die die privatwirtschaftlichen Akteure selbst nicht einschlagen, ist mit Eingriffen in die marktwirtschaftliche Dynamik verbunden. Die Expertenkommission hebt hervor, dass sich diese Eingriffe durch die Art der Ausgestaltung missionsorientierter Politik reduzieren lassen. Sie schlägt eine marktorientierte Version der Neuen Missionsorientierung vor, die bei der Lösung von Problemen nicht nur, aber stark auf Marktkräfte setzt. Dieser Ansatz orientiert sich an folgenden Überlegungen:

- Gegenüber einer a priori Festlegung auf eine bestimmte Problemlösung, wie etwa „batteriebetriebene Fahrzeuge“, setzt eine offene Beschreibung von Missionen, wie etwa „nicht-fossile Antriebstechnologien“, stärker auf die kreativen Kräfte der Marktakteure, da diese unterschiedliche Wege zur Erreichung des Ziels einschlagen können.
- Eine Förderung von Problemlösungsalternativen in der vormarktlichen Phase, d.h. bis hin zum Erkenntnis- und Technologietransfer, stellt keinen massiven Eingriff in die Marktdynamik dar. Die privatwirtschaftlichen Akteure entscheiden selbst, ob und inwieweit sie bestimmte Innovationsmöglichkeiten nutzen wollen.
- Sind direkte Markteingriffe nicht vermeidbar, sollten sie einen katalytischen Charakter haben, d.h. nur eine Anstoßwirkung entfalten und dann wieder zurückgenommen werden. Dies gilt etwa bei der Förderung junger Technologien, bei der Überwindung von Lock-ins in alten Technologien oder für den Aufbau von neuen Infrastrukturen[102], beispielsweise von Betankungssystemen für innovative Mobilitätsformen.

Agilität zur Umsetzung der Neuen Missionsorientierung erforderlich

Bei der Neuen Missionsorientierung handelt es sich um einen Politikansatz, der besondere Anforderungen an Politik und Verwaltung stellt. Zu diesen Anforderungen zählen ein besonders hoher Koordinationsaufwand sowie die Notwendigkeit, Maßnahmen zur Umsetzung von Missionen beständig auf ihre Funktionsweise hin zu überprüfen, zu bewerten und anzupassen. Um die Neue Missionsorientierung für die F&I-Politik erfolgreich umzusetzen, müssen

Politik und Verwaltung über Fähigkeiten verfügen, die mit dem Begriff der Agilität beschrieben werden können.

Unter Agilität wird üblicherweise eine Art „Gewandtheit, Wendigkeit oder Beweglichkeit von Organisationen und Personen bzw. in Strukturen und Prozessen“[103] verstanden.[104] Sie wird in erster Linie als Reaktion auf Veränderungen und aufkommende Unsicherheiten gesehen. Ähnlich wie die OECD in ihrem Konzept der strategischen Agilität,[105] betont die Expertenkommission, dass es nicht reicht, flexibel und schnell auf Veränderungen zu reagieren. Vielmehr müssen Politik und Verwaltung auch langfristige Entscheidungen proaktiv vorbereiten, partizipativ gestalten und reflexiv umsetzen. Dabei ist eine Balance zwischen langfristiger Planung und kurzfristiger Anpassung zu finden. Damit wird das Konzept der Agilität – zusätzlich zu Schnelligkeit und Flexibilität – um die Ausprägungen Proaktivität, Partizipation, Reflexivität und Ambidextrie erweitert (vgl. Box B 1-4).

Im Kontext der Neuen Missionsorientierung müssen in der F&I-Politik übergeordnete strategische sowie umsetzungsbezogene operative Aspekte berücksichtigt werden. Bei den strategischen Aspekten handelt es sich um die Prozesse zur Formulierung neuer und Reformulierung bestehender Missionen, bei den operativen Aspekten um die Abläufe und Prozesse der Umsetzung von Missionen.[106] Die vorausschauende Planung dieser Prozesse erfordert ein hohes Maß an Proaktivität.

Wesentliches Element der strategischen Ebene ist die Partizipation von Stakeholdern und gesellschaftlichen Gruppen. Über Partizipation wird eine breite Informationslage und geteilte Problemwahrnehmung geschaffen, die Akteure in Politik und Verwaltung für eine strategische Vorausschau und für eine angemessene Ziel- und Prioritätendefinition benötigen. Diese Ziele und Prioritäten dienen in der Folge auch als gemeinsame Orientierung für kollektives Handeln. Darüber hinaus kann eine breite Partizipation die Akzeptanz von getroffenen Entscheidungen verbessern.

Die Umsetzung von Missionen erfordert kontinuierliche Anpassungsprozesse. Dazu ist ein auf systematischen Rückkopplungsprozessen basierendes, reflexives Handeln erforderlich. Dieses äußert sich in begleitenden Experimenten, anschließenden Evaluationen und gegebenenfalls einer Neuformulierung der übergeordneten Ziele und Maßnahmen. Die Akzeptanz von Unsicherheit und Fehlern sowie die Abkehr von der Vorstellung einer deterministischen Steuerbarkeit von Prozessen sind wichtige Merkmale der reflexiven Umsetzung einer missionsorientierten F&I-Politik.[107] Auf Ebene der politisch-administrativen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger erfolgt reflexives Handeln durch die kontinuierliche Anpassung von institutionellen und organisatorischen Strukturen an die sich wandelnden Aufgaben. Diese Anpassungsleistung benötigt Reflexions- und Freiräume, in denen – hierarchieübergreifend und unter Hinzuziehung externen Wissens – bestehende Abläufe hinterfragt und neu geordnet werden können. Auf diese Weise wird Politiklernen unterstützt.

Die zentrale Herausforderung einer agilen F&I-Politik ist es, die Stabilität und Verlässlichkeit ihrer Ziele und Maßnahmen auf der einen Seite und eine flexible Reaktion auf sich ändernde Anforderungen auf der anderen Seite auszutarieren. Sich dieser Herausforderung zu stellen und Balance zu halten, wird als Ambidextrie bezeichnet.

Elemente agiler Politik vereinzelt genutzt

Die Bundesministerien nutzen bereits vereinzelt Elemente agiler Politik. Auf strategischer Ebene zielt der aktuelle Foresight-Prozess VORAUS:schau! des BMBF darauf ab, Trends und Zukunftsthemen proaktiv zu identifizieren und zu diskutieren.[108] Mittels unterschiedlicher Labore, beispielsweise der Reallabore des BMWi[109] oder der Digitallabore des BMI[110], werden reflexiv Anpassungen des Rechts- und Regulierungsrahmens für neue Technologien und Geschäftsmodelle erprobt und Digitalisierungsprozesse in der Verwaltung vorangetrieben. Darüber hinaus hat das BMBF verschiedene Dialogformate etabliert, um den partizipativen Austausch und die Diskussion über Zukunftsthemen und -technologien zu fördern.[111]

Auf operativer Ebene experimentieren einige Ressorts mit dem Einsatz moderner Kollaborationsmethoden und Personalinstrumente, was auch agiles Arbeiten befördert.[112] Unter der Schirmherrschaft des Bundeskanzleramts unterstützt die Initiative Work4Germany Beschäftigte[113] aus den Bundesministerien bei der Aneignung moderner Arbeitsweisen und relevanter Zukunftskompetenzen sowie deren Integrierung in den Arbeitsalltag.[114]

Box B 1-4

Agilitätsausprägungen

Schnelligkeit, Flexibilität
Schnelligkeit und Flexibilität sind gegeben, wenn kurzfristig und problemadäquat auf Veränderungen reagiert wird.

Proaktivität
Proaktivität zeichnet sich durch zukunftsorientiertes Handeln aus, das potenzielle Hindernisse bei der Umsetzung von Maßnahmen antizipiert oder prognostiziert. Darüber hinaus wird geprüft, ob Maßnahmenkataloge und Wirkungszeiträume möglicher Instrumente mit der Fristigkeit der Anforderungen übereinstimmen.

Partizipation
Partizipation bedeutet, dass alle relevanten Akteure eingebunden werden, um sowohl eine breite Informationslage sicherzustellen als auch die Akzeptanz kollektiver Entscheidungen und Lösungswege zu verbessern.

Reflexivität
Reflexivität ist dann gegeben, wenn effektive Rückkopplungsschleifen auf Basis qualitativer oder quantitativer Evidenz bestehen, die von den operativ tätigen Personen zur Nachsteuerung genutzt werden und darüber hinaus in die Informationslage der Personen auf strategischer Ebene einfließen.

Ambidextrie
Ambidextrie bezeichnet das Ausbalancieren von Stabilität auf der einen Seite und Veränderung auf der anderen Seite.[115]

Zwischen den Agilitätskriterien bestehen zum Teil Spannungsverhältnisse. So gehen partizipative Prozesse zulasten von Schnelligkeit und Flexibilität. Es ist daher in der Praxis kaum möglich, einen politisch-administrativen Prozess zu etablieren, in dem alle Agilitätskriterien gleichermaßen verwirklicht werden.

F&I-politische Maßnahmen zur Überwindung von Transformationsversagen B 1-4

Eine missionsorientierte F&I-Politik muss sich der Tatbestände, die zu Transformationsversagen führen, bewusst sein, um ihnen mit gezielten Maßnahmen zu begegnen. Da die Ausprägungen von Transformationsversagen sehr unterschiedlich ausfallen können, ist auch die Bandbreite möglichen staatlichen Handelns sehr groß (vgl. Box B 1-2). Die im Folgenden dargestellten Maßnahmen zeigen, wie staatliches Handeln zur Überwindung von Transformationsversagen in der Praxis ausgestaltet werden kann.

Anregung der Nachfrage nach Innovationen

Das Problem fehlender Nachfrage-Artikulation wird von der F&I-Politik bislang kaum berücksichtigt. Transformativer Wandel kann dadurch gebremst oder behindert werden, dass ihn tragende und aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive wünschenswerte innovative Produkte und Dienstleistungen nicht nachgefragt werden. Zum einen unterbleibt die Nachfrage-Artikulation, wenn potenzielle Nachfragende den Nutzen innovativer Produkte und Dienstleistungen nicht einschätzen können. Zum anderen setzt die Verbreitung innovativer Produkte und Dienstleistungen am Markt oftmals den Aufbau neuer Infrastrukturen, zügige Standardisierungsprozesse sowie komplementäre technologische oder soziale Innovationen voraus (vgl. Box B 1-2).[116]

Ein Instrument, um das Problem fehlender Nachfrage-Artikulation zu überwinden, ist die innovationsorientierte öffentliche Beschaffung. Ihr Potenzial ergibt sich aus dem beträchtlichen Umfang der öffentlichen Nachfrage.[117] Richtet sie sich an den gesellschaftlich vereinbarten Missionen aus, so bietet sie eine Vielzahl von Möglichkeiten, Transformationsprozesse anzustoßen und die Richtung ihrer Entwicklung zu beeinflussen.

- Öffentliche innovationsorientierte Beschaffung kann nachfrageseitig dazu beitragen, private FuE und Innovationsausgaben zielgerichtet in die gewünschte Richtung zu lenken. Die öffentliche Nachfrage nach bestimmten neuen Gütern und Dienstleistungen kann zu einer FuE-Förderwirkung bei Technologien führen, die anderenfalls von privaten Akteuren eher nicht angegangen würden. Ein Beispiel für dieses Förderformat ist das niederländische Small

Business Innovation Research-Programm (SBIR-Programm) (vgl. Box B 1-5).[118]

– Durch innovationsorientierte Beschaffung ist es möglich, Informationen über neue Technologien und deren Einsatz zu gewinnen und anderen Akteuren zur Verfügung zu stellen. Die Anwendungserfahrungen staatlicher Stellen können es so privaten Anwenderinnen und Anwendern leichter machen, die Neuerungen zu bewerten und einzusetzen. Auf diese Weise können neue Konsummuster und auch neue Konsumentenkreise, z. B. für nicht-fossil betriebene Fahrzeuge, erschlossen werden.
– Innovationsorientierte Beschaffung ist ein Instrument, das zumindest teilweise Fehlentwicklungen beheben kann, die aus Lock-in-Effekten und Netzwerk-Externalitäten resultieren. Mittels öffentlicher Beschaffung neuer technischer Produkte kann ein Nachfragevolumen für eine neue Technologie erreicht werden, das für die Überwindung eines Lock-in ausreicht und damit die Ablösung einer veralteten Technologie durch eine neue Technologie einleitet. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn eine spezifische Infrastruktur – wie etwa Ladestationen für Elektromobile – benötigt wird, um die Verbreitung einer neuen Technologie zu ermöglichen.

Box B 1-5

Anregung der Nachfrage nach Innovationen am Praxisbeispiel des Small Business Innovation Research-Programms in den Niederlanden

Die niederländische Regierung hat im Jahr 2005 das Small Business Innovation Research-Programm (SBIR-Programm) aufgelegt, das durch ein gleichnamiges Programm in den USA inspiriert wurde. Mit dem SBIR-Programm soll das öffentliche Beschaffungswesen dafür genutzt werden, die Innovationsfähigkeit niederländischer Unternehmen zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen zu mobilisieren. Gleichzeitig sollen, insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen, Innovationsaktivitäten gefördert werden und die Wettbewerbsfähigkeit gestärkt werden.[119] Zu Beginn einer Förderlinie innerhalb des SBIR-Programms identifizieren Ministerien oder andere öffentliche Behörden ein gesellschaftliches Problem, für das innovative Lösungen erforderlich sind, und stellen ein Budget bereit. In einem ersten Schritt werden Unternehmen nun in einem offenen Wettbewerb aufgefordert, für die Lösung des beschriebenen Problems eine Machbarkeitsstudie einzureichen.[120] Nach Auswahl der besten Machbarkeitsstudien werden im zweiten Schritt FuE-Tätigkeiten bis hin zur Erstellung von Prototypen und ersten Testserien weitergefördert. Im dritten Schritt bereiten die Unternehmen die Markteinführung des neuen Produkts oder der neuen Dienstleistung vor. Dieser letzte Schritt erfolgt ohne eine direkte Förderung. Allerdings kann die öffentliche Hand hier indirekt fördern, indem sie als erste Käuferin der neuen Produkte auftritt. Sie fungiert auf diese Weise als Lead User, generiert Nachfrage nach innovativen Produkten und profitiert selbst von den Möglichkeiten der im Rahmen des SBIR-Programms entwickelten innovativen Lösungen.[121]

Stärkung der Direktionalität

Eine Form des Transformationsversagens ist der Mangel an Direktionalität der Innovationsaktivitäten auf die Missionen hin (vgl. Box B 1-2). Um Direktionalität zu stärken, ist eine agile Politik in dem Sinne hilfreich, dass beim Formulieren der Missionen die gesellschaftlichen Kräfte proaktiv miteinbezogen werden. Ein Instrument dafür sind partizipativ organisierte Foresight-Prozesse.[122] Im Rahmen von Foresight-Prozessen können Entscheidungsträgerinnen und -träger unter Mitwirkung von Stakeholdern sowie Expertinnen und Experten sektor- oder ressortübergreifend eine gemeinsame Orientierung hinsichtlich komplexer Themen entwickeln und normative Grundsatzfragen im Kontext potenziell stark umstrittener Themen klären. Dadurch kann die Konsensbildung bei späteren politischen Entscheidungen erleichtert und Direktionalität ermöglicht werden.[123] Die Government Foresight in Finnland ist hierfür ein Beispiel (vgl. Box B 1-6).

Verbesserung der Koordination

Eine missionsorientierte F&I-Politik ist mit hohen Koordinations-Anforderungen verbunden. Die Koordination sollte proaktiv erfolgen und sowohl die strategische als auch die operative Ebene umfassen. Das Instrument der Mission Boards, wie sie von der EU zur Vorbereitung von Horizont Europa eingesetzt wurden, ist ein Beispiel für dieses Format (vgl. Box

B 1-7). Auf strategischer Ebene müssen die Missionsziele zwischen mehreren Ministerien und den nachgeordneten Behörden abgestimmt werden. Auf der operativen Ebene bedarf es zudem – über die interministerielle Abstimmung hinaus – der Koordination zwischen den verschiedenen Fachabteilungen innerhalb der beteiligten Ministerien.[124]

Die Organisationsstruktur der mit der Durchführung von Missionen federführend beauftragten Institutionen, üblicherweise Ministerien, steht den genannten Koordinations-Anforderungen entgegen. Ministerien zeichnen sich durch eigene, meist isoliert voneinander bestehende Funktionsstrukturen und -logiken aus. Um ein abgestimmtes Verständnis

Box B 1-6

Stärkung der Direktionalität am Praxisbeispiel von Government Foresight in Finnland

Seit 1993 werden in Finnland zu Beginn jeder Legislaturperiode Strategien zur Zukunft des Landes entwickelt, die als strategischer Rahmen für die laufende Legislaturperiode dienen, aber auch über diese hinausweisen. Die Strategieentwicklung wird durch eine parteiübergreifende, an der finnischen Staatskanzlei[125] angesiedelte Arbeitsgruppe, eine sogenannte Government Foresight Task Force, geleitet. Die von ihr vorgelegten Berichte werden innerhalb der Regierung erörtert und dem finnischen Parlament, insbesondere seinem Ausschuss für Zukunftsfragen, vorgelegt. Ein Ziel der Arbeitsgruppe ist es, verschiedenste Foresight-Aktivitäten und damit im Zusammenhang stehende Informationen zu bündeln und Entscheidungsprozesse zu unterstützen. Die Erstellung der Foresight-Berichte erfolgt nicht nach einem streng definierten methodischen Ansatz. Je nach Thema werden unterschiedliche organisatorische und prozessuale Wege beschritten sowie nationale und internationale Institutionen mit einbezogen. Der institutionalisierte Charakter der Foresight-Berichterstellung, die Anbindung an die höchste Regierungsebene und das Parlament sowie die Einbindung von Stakeholder-Gruppen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft tragen dazu bei, den Einfluss der Foresight-Berichte auf die politische Agenda zu verstärken. Darüber hinaus finden die Ergebnisse auch außerhalb der Regierung, beispielsweise bei den nationalen Wissenschaftseinrichtungen, Gehör. Die Foresight-Berichterstattung erleichtert somit einen aktiven Umgang mit zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen.[126]

Box B 1-7

Verbesserung der Koordination am Praxisbeispiel der Mission Boards der Europäischen Union

Missionen sind ein integraler Bestandteil des Forschungsrahmenprogramms Horizont Europa. Für die Konkretisierung der Missionen wurden zu den fünf in Abstimmung mit den Mitgliedstaaten definierten Themen, den sogenannten Mission Areas, entsprechende Mission Boards eingesetzt, die ihre Vorschläge direkt bei den jeweils thematisch verantwortlichen Kommissarinnen und Kommissaren einreichen. Die Mission Boards zeichnen sich durch einen hohen Grad an Autonomie bei der Definition von Missionen und der Entwicklung einer zugehörigen F&I-Agenda aus. Darüber hinaus sind die Missionen mit jeweils rund 15 führenden Persönlichkeiten aus unterschiedlichen Bereichen von Politik, Wirtschaft, Forschung und gesellschaftlichen Stakeholdergruppen besetzt und werden nicht nur von der Generaldirektion Forschung und Innovation begleitet, sondern von bis zu zehn Generaldirektionen, die sowohl F&I-bezogene als auch sektorpolitische Agenden verfolgen. Die Vorsitzenden der Mission Boards berichten direkt an die Kommissarinnen und Kommissare, bei denen auch die finale Entscheidung über die Missionen und Agenden liegt.[127] Für die Phase der Umsetzung der Missionen wird jeweils ein neues Mission Board eingesetzt.[128]

für die Missionsziele und die zu ihrer Erreichung notwendigen Maßnahmen zu entwickeln, sind Koordinationsstrukturen und -mechanismen zwischen den Ministerien notwendig. In Deutschland wurde zu diesem Zweck eine Staatssekretärsrunde als stehendes Gremium zur strategischen Ausrichtung und Umsetzung der HTS 2025 eingerichtet.

Erhöhung der Reflexivität

Eine missionsorientierte F&I-Politik steht vor der Herausforderung, transformativen Wandel aktiv zu steuern und Maßnahmen im Verlauf immer wieder zu adjustieren. Diese Adjustierung erfordert ein hohes Maß an Reflexivität (vgl. Box B 1-4). Instrumente hierfür können z. B. Stage-Gate-Modelle sein (vgl. Box B 1-8). Sie basieren auf kontinuierlichen Monitoring- und begleitenden Evaluationsprozessen, die die Verantwortlichen mit den notwendigen Informationen versorgen, um laufende Maßnahmen an aktuelle Entwicklungen anzupassen, weiterzuentwickeln oder abzubrechen. Ein Beispiel dafür, wie reflexive Elemente bei der Umsetzung von Missionen systematisch eingebaut werden können, ist das schwedische Programm Challenge Driven Innovation von VINNOVA (vgl. Box B 1-8).[132]

B

Box B 1-8

Erhöhung der Reflexivität am Praxisbeispiel von Challenge Driven Innovation in Schweden

Challenge Driven Innovation (CDI) ist ein Programm der schwedischen Innovationsagentur VINNOVA, das 2011 implementiert wurde. CDI richtet sich an vier übergeordneten, breit definierten Herausforderungen aus (künftige Gesundheitsversorgung, nachhaltige und attraktive Städte, Informationsgesellschaft 3.0 und wettbewerbsfähige Produktion) und setzt dabei auf eine sektorübergreifende Zusammenarbeit zwischen einer Reihe von öffentlichen und privaten Akteuren.[129]

CDI nutzt für einen Abgleich der Projekte an den vier Herausforderungen und anderen übergeordneten Zielsetzungen (z. B. Transdisziplinarität, Endnutzereinbindung, Diversität etc.) ein Stage-Gate-Modell. Dadurch können regelmäßige Anpassungen im Projektportfolio vorgenommen werden. Um von einer Phase (Stage) in die nächste zu kommen, werden die Projekte evaluiert und auf dieser Grundlage bewertet (Gate). Projektpartner haben die Möglichkeit, nach einer Phase aus- oder bei einer späteren Phase einzusteigen. Dadurch müssen sich das Projekt und das Konsortium laufend anpassen. Zudem steigt das Engagement von Partnern aus der Privatwirtschaft mit jeder Phase, da in späteren Phasen Kommerzialisierungs- und Implementierungsfragen im Vordergrund stehen.[130] Bei den Evaluationen werden laufend inhaltliche Projektanpassungen durchgeführt; auch können Projekte abgebrochen werden, wenn sie sich nicht in die gewünschte Richtung entwickeln.[131]

Handlungsempfehlungen B 1–5

Neue Missionsorientierung zur Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen nutzen

Die F&I-Politik steht in der Verantwortung, zur Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen beizutragen und transformativen Wandel anzustoßen. Da der Politikansatz der Neuen Missionsorientierung hierbei unterstützt, spricht sich die Expertenkommission dafür aus, dass die Bundesregierung diesen Politikansatz verstärkt in den Blick nimmt. Sie empfiehlt, auch in der neuen Legislaturperiode und darüber hinaus Missionen zu verfolgen, die transformativen Wandel einleiten.

Mit dem Politikansatz der Neuen Missionsorientierung kommt dem Staat in der F&I-Politik eine veränderte Rolle zu. Er muss Innovationsaktivitäten in gesellschaftlich vereinbarte Richtungen lenken, die die privatwirtschaftlichen Akteure selbst – aufgrund von Transformationsversagen – nicht einschlagen. Allerdings vertritt die Expertenkommission die Auffassung, dass bei aller staatlichen Lenkung der Markt als Entdeckungsverfahren nicht ausgehebelt werden darf, sondern explizit als Quelle neuer Technologien und kreativer Lösungen zu nutzen ist. Eine dementsprechend marktorientierte Version der Neuen Missionsorientierung muss folgende Prinzipien berücksichtigen:

- Auf eine Festlegung bestimmter Problemlösungen im Vorhinein wird zugunsten eines offenen Ansatzes verzichtet, der unterschiedliche Lösungswege zulässt. Auf diese Weise werden die kreativen Kräfte der Marktakteure genutzt.
- Die Förderung alternativer Problemlösungen konzentriert sich vor allem auf den vorwettbewerbli-

chen Bereich von der Grundlagenforschung bis zum Erkenntnis- und Technologietransfer.
– Sollten direkte Eingriffe in den Markt notwendig sein, werden diese im Sinne einer katalytischen F&I-Politik zeitlich befristet.

Um die Neue Missionsorientierung erfolgreich umsetzen zu können, ist agiles Politikhandeln erforderlich. Die Expertenkommission begrüßt, dass die F&I-Politik in den letzten Jahren bereits agiler geworden ist. Sie fordert die Bundesregierung jedoch auf, Agilität noch systematischer im Politikhandeln zu verankern.

Partizipative Prozesse zur Formulierung der Missionen etablieren

Für die Umsetzung von Missionen sind sich ergänzende Innovationen verschiedener Akteursgruppen sowie gegebenenfalls gesellschaftliche Verhaltensänderungen erforderlich. Missionen können nur dann erfolgreich umgesetzt werden, wenn sie von den politisch Verantwortlichen und breiten Teilen der Bevölkerung getragen werden.

– Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, bei der Formulierung der Missionen eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Ressorts sowie eine aktive Einbeziehung von Akteursgruppen, Expertenrunden, Bürgerinnen und Bürgern sowie Ländern und Kommunen sicherzustellen.
– Aus den Missionen sind konkrete Zielsetzungen abzuleiten. Diese müssen einen Zeitbezug haben und ihre Erfüllung muss messbar sein. Der Zeithorizont sollte sich an der Zielsetzung der Missionen und nicht an der Dauer von Legislaturperioden orientieren. Die Expertenkommission hält es allerdings für sinnvoll, legislaturspezifische Etappenziele zu formulieren, um die bestehenden politischen Anreizstrukturen zu nutzen. Wenn das Ziel einer Mission erreicht ist oder eine Mission deutlich und dauerhaft hinter den gesteckten Zielen zurückbleibt, sollte die mit der Mission verbundene Förderung beendet werden.

Politikkoordination zur Umsetzung der Missionen ausbauen

Um Missionen effizient umsetzen zu können, sind übergeordnete Koordinationsstrukturen notwendig. Neben der inhaltlichen und zeitlichen Abstimmung mit anderen Politikfeldern müssen die geförderten F&I-Projekte in der Regel durch geeignete Anpassungen der rechtlichen Rahmenbedingungen und durch das Anstoßen von Standardisierungsprozessen flankiert werden.

– Die Expertenkommission hält es für notwendig, die horizontale Koordination der Ministerien bei der Umsetzung von Missionen zu stärken. Dies kann durch interministerielle Task Forces unter Leitung der Staatssekretärsebene und Einbindung der Arbeitsebene erfolgen. Die Expertenkommission empfiehlt, für jede Mission eine eigene interministerielle Task Force aufzusetzen und mit Entscheidungskompetenzen sowie einem eigenen Budget auszustatten.
– Bei besonders komplexen Missionen ist überdies zu prüfen, ob es für ihre Umsetzung sinnvoll ist, die Zuschnitte der beteiligten Ministerien anzupassen oder dafür sogar ein eigenes Ministerium einzurichten.
– Die Expertenkommission empfiehlt, die horizontale Koordination nicht nur zwischen den Ressorts, sondern auch innerhalb der Ressorts zu stärken. Je nach Art der Mission bietet es sich an, abteilungsübergreifende Projektteams aufzubauen oder eigene missionsbezogene Einheiten innerhalb der Organisationsstruktur zu schaffen. Diese Projektteams bzw. Einheiten sind jeweils mit eigenen Entscheidungskompetenzen und Budgets auszustatten.

Innovationsorientierte öffentliche Beschaffung intensivieren

– Die Expertenkommission wiederholt ihre Empfehlung, innovationsorientierte öffentliche Beschaffung weiter auszubauen.[133] Um transformativen Wandel zu unterstützen, sollte sich die Beschaffung auch verstärkt an den gesellschaftlich vereinbarten Missionen ausrichten.

Voraussetzungen für mehr Politiklernen schaffen

Bei der Umsetzung des Politikansatzes der Neuen Missionsorientierung ist Politiklernen stärker als bisher in die Prozesse zu integrieren. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, dabei folgende Aspekte zu berücksichtigen:

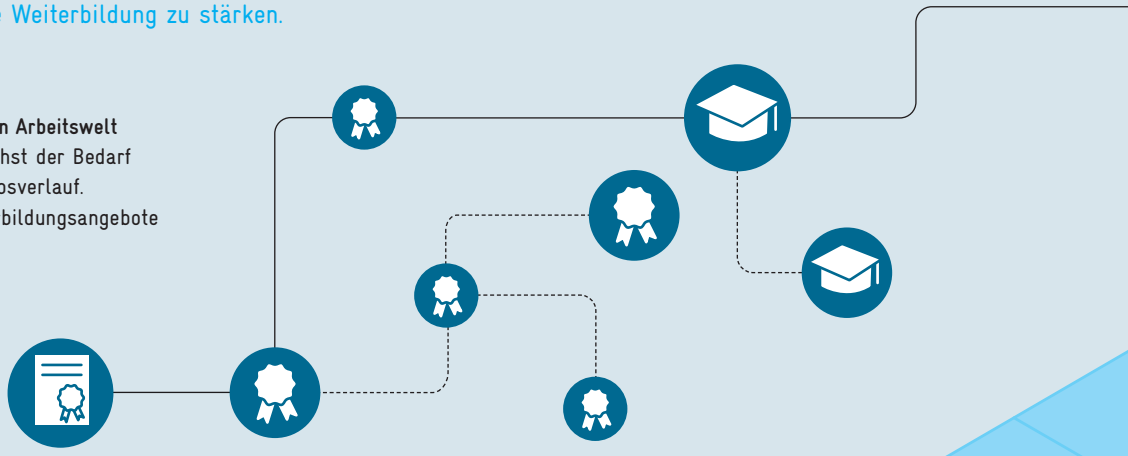
- Missionsorientierte F&I-Politik ist vor dem Hintergrund bestehender Unsicherheit auch eine Politik des Experimentierens. Experimente schließen die Möglichkeit des Lernens aus Scheitern ein. Im Sinne einer positiven Fehlerkultur sollte Politiklernen stärker implementiert werden, damit bei der Umsetzung von Missionen Zielanpassungen, Nachjustieren der Organisation und Maßnahmen bis hin zum vollständigen Abbruch möglich sind und akzeptiert werden.
- Missionen sind kontinuierlich einem Monitoring-Prozess zu unterziehen sowie begleitend und abschließend zu evaluieren. Aufgrund der Komplexität von Missionen ist weitere Forschung zur Evaluations-Methodik notwendig und zu fördern.
- Zum Zweck des Politiklernens ist es sinnvoll, vermehrt Reflexions- und Freiräume[134] zu schaffen und hierfür in den Ministerien und bei den Projektträgern personelle Kapazitäten freizuschneiden. Dabei ist es wichtig, neben Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verschiedener Hierarchieebenen auch vermehrt externe Expertinnen und Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft einzubeziehen, z. B. durch temporäre Fellowships.

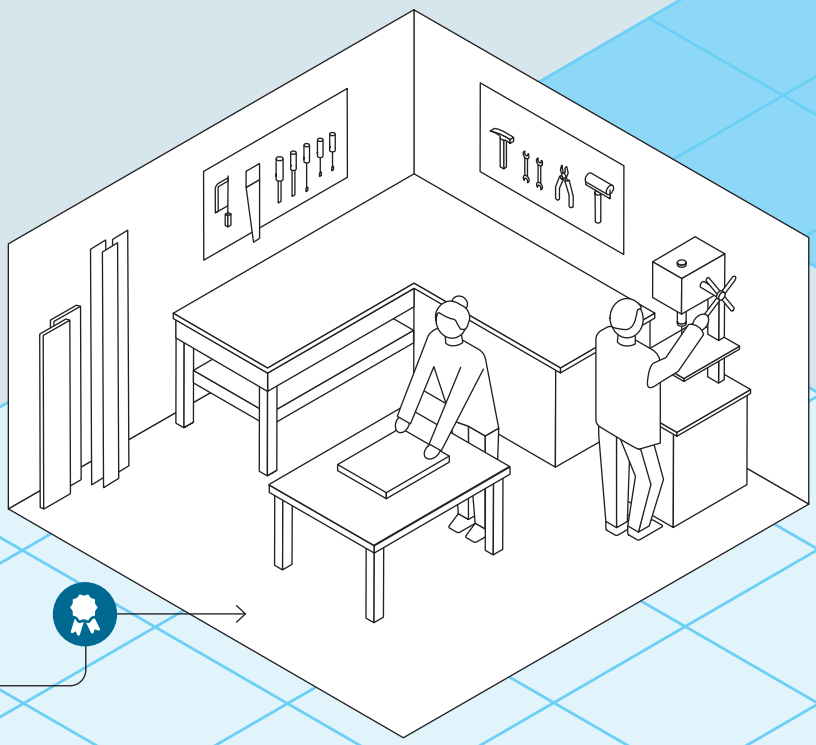
B 2 Anpassung der beruflichen Aus- und Weiterbildung an die digitale Transformation

Download Daten

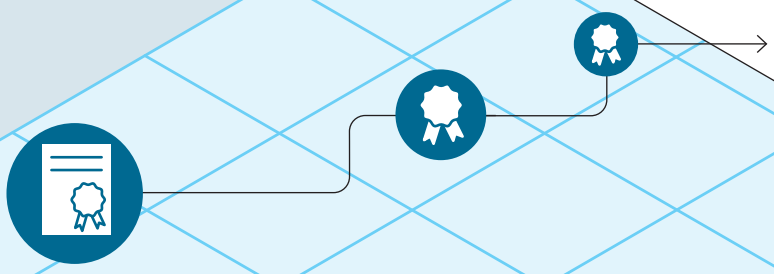
Infolge des digitalen Strukturwandels müssen viele Beschäftigte in Deutschland in den kommenden Jahren den Arbeitsplatz wechseln und sich dabei beruflich neu orientieren. Darüber hinaus werden sich an vielen bestehenden Arbeitsplätzen die Tätigkeitsprofile noch weiter verändern. Deshalb ist es notwendig, die berufliche Ausbildung an die Anforderungen der digitalisierten Arbeitswelt anzupassen und die berufsbezogene Weiterbildung zu stärken.

Karrierewege in der digitalen Arbeitswelt
Mit der Digitalisierung wächst der Bedarf an Weiterbildung im Erwerbsverlauf. Zugleich werden die Weiterbildungsangebote vielfältiger und flexibler.

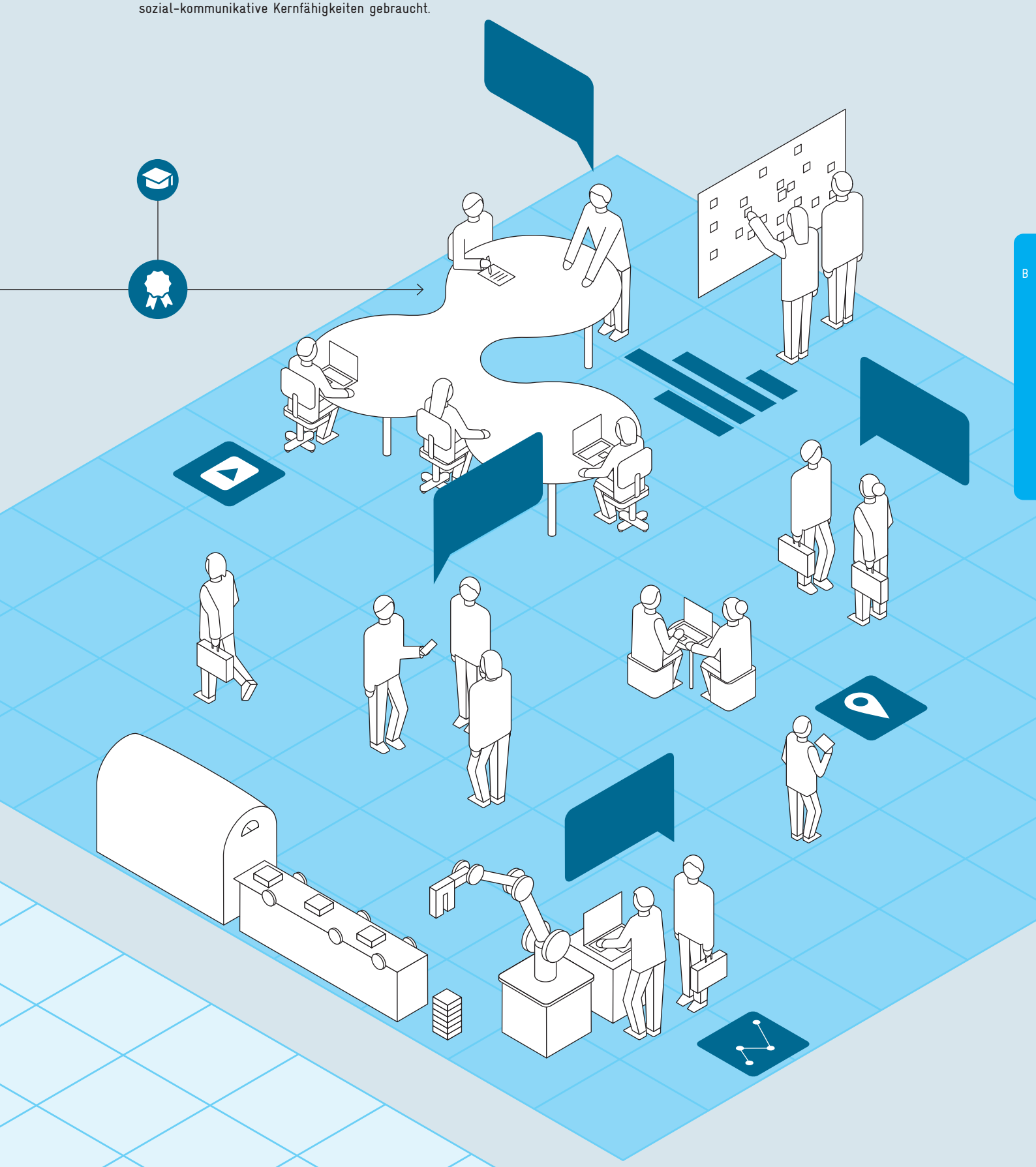




Karrierewege früher
Früher sind Karrierewege in Deutschland meist in engen beruflichen Bahnen verlaufen. Weiterbildung fand eher selten statt und diente vor allem dem Aufstieg im erlernten Beruf.



Neue Arbeitswelt
In der digitalisierten Arbeitswelt sind immer weniger Routinetätigkeiten zu erledigen. Zunehmend werden neben digitalen Kernfähigkeiten auch personale und sozial-kommunikative Kernfähigkeiten gebraucht.



B 2 Anpassung der beruflichen Aus- und Weiterbildung an die digitale Transformation

Die zunehmend digitalen Wertschöpfungsprozesse in der Wirtschaft verändern die Arbeitswelt.[135] Am einzelnen Arbeitsplatz ist tendenziell weniger Routinearbeit zu erledigen.[136] Dadurch wachsen die Anforderungen an die individuelle berufliche Handlungskompetenz. Die Automatisierung von Abläufen durch den vermehrten Einsatz von intelligenten Maschinen, Algorithmen oder künstlicher Intelligenz ersetzt menschliche Arbeit. Zugleich schafft die Digitalisierung neue attraktive Betätigungsfelder und bisher benachteiligte Gruppen können einen besseren Zugang zu Berufen erhalten.[137] Somit werden sich in den nächsten Jahren die Struktur und die Qualität der Arbeitsplätze in Deutschland erheblich verändern.

Im Zuge der Digitalisierung müssen sich deshalb viele heute im Erwerbsleben stehende Menschen beruflich weiterqualifizieren. Zunehmend gebraucht werden nicht nur technologische Fähigkeiten, die für die Gestaltung von transformativen Technologien notwendig sind, und digitale Kernfähigkeiten.[138] Die neuen digitalen Geschäfts- und Arbeitsprozesse erfordern auch verstärkt sogenannte klassische Kernfähigkeiten. Dazu zählen etwa Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Eigeninitiative, Adaptionsfähigkeit und Durchhaltevermögen.[139] Diese digitalen und nichtdigitalen Kernfähigkeiten müssen auch die aus dem Bildungssystem nachrückenden jungen Menschen mitbringen, um gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Erwerbskarriere in der digitalisierten Arbeitswelt zu haben.

Nur wenn die vielfältigen Kernfähigkeiten in der Erwerbsbevölkerung ausreichend verfügbar sind, können sich die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Potenziale der neuen Technologien voll entfalten und die Digitalisierung zügig in alle Teile der Wirtschaft vordringen.[140] Davon profitieren nicht nur die Erwerbstätigen. Auch die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands wird langfristig gestärkt.[141]

Deswegen ist es wichtig, dass das System der beruflichen Aus- und Weiterbildung in Deutschland mit den Veränderungen von Wirtschaft und Arbeitswelt durch die Digitalisierung Schritt hält. Hierfür müssen berufliche Bildungsmöglichkeiten weiterentwickelt und Strukturen so gestaltet werden, dass die Kernfähigkeiten für die digitalisierte Arbeitswelt in der Erwerbsbevölkerung bedarfsgerecht vermittelt werden. Bei den notwendigen Anpassungen in der beruflichen Aus- und Weiterbildung kommt den daran beteiligten privaten Akteuren – insbesondere den Betrieben und den im Erwerbsleben stehenden Menschen – weiterhin eine tragende Rolle zu. Jedoch braucht es auch von öffentlichen Stellen ausgehende Impulse, um die Bereitschaft zu notwendigen Veränderungen und die Rahmenbedingungen dafür zu stärken.

Digitalisierung und Arbeitswelt B 2–1

Arbeitsmarkteffekte der digitalen Transformation

In Debatten über eine neue technologische Arbeitslosigkeit werden die Automatisierungsrisiken für die Beschäftigten häufig überschätzt. Sie basieren vielfach auf Einschätzungen darüber, welche Berufe als Ganzes betrachtet prinzipiell durch neue technologische Möglichkeiten wegrationalisiert werden könnten.[142] In einer Gesamtbetrachtung der Effekte des digitalen Wandels am Arbeitsmarkt muss aber berücksichtigt werden, dass in der Nutzung der neuen technologischen Möglichkeiten auch erhebliche Beschäftigungspotenziale liegen. Unmittelbar ergeben sich diese aus der wachsenden Nachfrage nach Arbeitskräften, die mit der Entwicklung und Umsetzung innovativer Technologien befasst sind. Hinzu kommt, dass mit der Digitalisierung völlig neue Geschäftsmodelle entstehen.[143] Weiterhin können sich die mit dem technologischen Fortschritt erzielten Produktivitätsgewinne zum einen in sinkende Produktpreise und zum anderen in steigende Einkommen

übersetzen. Dies speist die Konsumnachfrage und damit die Arbeitsnachfrage.[144]

In der Vergangenheit – genauer zwischen 1999 und 2010 – waren die induzierten Produktivitätseffekte der Computerisierung so stark, dass die Zahl der Arbeitsplätze in der Europäischen Union per Saldo um gut zwölf Millionen zugenommen hat, obwohl durch die unmittelbaren Verdrängungseffekte der technologischen Veränderung sechs Millionen Arbeitsplätze verloren gegangen sind.[145] Eine andere Studie zeigt, dass der vermehrte Einsatz von Robotern in der deutschen Industrie zwischen 1994 und 2014 zwar zu einem Verlust an Arbeitsplätzen in der Fertigung geführt hat, dieser aber durch die Beschäftigungseffekte der induzierten stärkeren Nachfrage nach konsumnahen Dienstleistungen vollständig ausgeglichen wurde.[146] Allerdings können die so zustande kommenden Veränderungen der Beschäftigtenstruktur zu einer Polarisierung von Beschäftigung und Einkommen beitragen, also zu einem relativ schwachen Wachstum oder sogar Rückgang von Beschäftigung und Einkommen für Menschen mit mittlerer Qualifikation.[147]

Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) betreibt seit einigen Jahren ein vorausschauendes Fachkräftemonitoring mit dem Ziel, mögliche künftige Arbeitsmarktentwicklungen auf der Ebene von Berufen und Branchen aufzuzeigen sowie mittel- und langfristige Passungsprobleme von Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage in Deutschland rechtzeitig zu identifizieren. Dazu werden Szenarien-Rechnungen erstellt, die insbesondere die Effekte von Veränderungen der globalen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, des demografischen Wandels sowie des erwarteten technologischen Wandels abbilden.[148] Das im Jahr 2019 im Rahmen des Fachkräftemonitorings vorgestellte Szenario des Übergangs zu einer Wirtschaft 4.0 kommt zu dem Ergebnis, dass infolge des damit verbundenen wirtschaftlichen und beruflichen Strukturwandels rund 3,8 Millionen Arbeitsplätze, die im Jahr 2018 in Deutschland noch vorhanden waren, im Jahr 2035 nicht mehr existieren werden.[149] Zugleich aber werden bis zum Jahr 2035 gut 3,2 Millionen Arbeitsplätze entstanden sein, die es im Jahr 2018 noch nicht gab. Der vorhergesagte Rückgang der Beschäftigungsmöglichkeiten in der zunehmend digitalisierten Arbeitswelt bleibt per Saldo mit 571.000 moderat. Dahinter liegt aber ein Bruttoumschlag von gut sieben Millionen Arbeitsplätzen. Viele Erwerbstätige müssen also künftig in anderen Berufen Beschäftigung finden als bisher.[150]

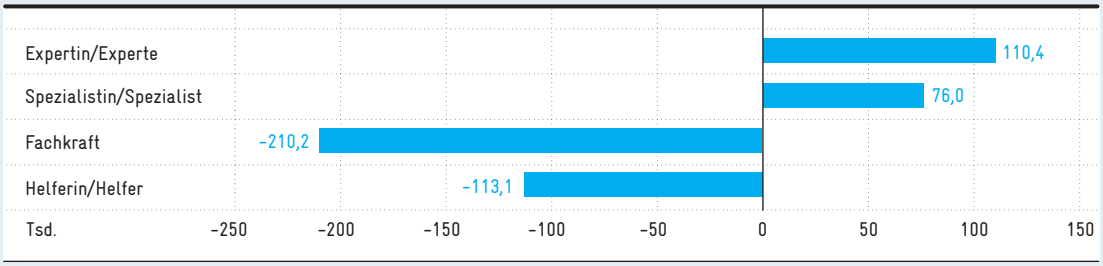
Die Berechnungen im Rahmen des Fachkräftemonitorings des BMAS zeigen, dass mit dieser Umwälzung ein erheblicher Bedarf an Weiter- und Höherqualifizierung einhergeht. So verlieren laut dieser Schätzung bis zum Jahr 2035 – im Vergleich zum Jahr 2018 – einerseits die Berufshauptgruppen Verkehr und Logistik (außer Fahrzeugführung), Führerinnen und Führer von Fahrzeug- und Transportgeräten, Reinigungsberufe und Verkaufsberufe in der Wirtschaft 4.0 am stärksten Beschäftigte. Andererseits gewinnen insbesondere die Berufshauptgruppen Informatik und andere IKT-Berufe, Berufe der Unternehmensführung und -organisation, Berufe in Werbung, Marketing und Medien sowie Berufe in der technischen Entwicklung, Konstruktion und Produktionssteuerung Beschäftigte hinzu.[151] Offensichtlich lassen sich die hinzukommenden Stellen also nicht ohne Weiteres mit Erwerbstätigen besetzen, deren Stellen nach einem Übergang zur Wirtschaft 4.0 nicht mehr existieren.

Mit den Strukturverschiebungen auf der Berufsebene ist eine Steigerung des durchschnittlichen Anforderungsniveaus[152] verbunden, die einen Bedarf an Höherqualifizierung erzeugt. Geht man von einer in den kommenden Jahren noch verstärkten Digitalisierung aus, liegt die Zahl der erwerbstätigen Expertinnen und Experten, deren Tätigkeitsspektrum überwiegend ein mindestens vierjähriges abgeschlossenes Hochschulstudium voraussetzt, im Jahr 2035 um rund 110.000 Personen höher. Die Zahl der erwerbstätigen Spezialistinnen und Spezialisten, deren Tätigkeitsspektrum überwiegend eine Meister- oder Technikerausbildung oder einen gleichwertigen Fachschul- oder Hochschulabschluss voraussetzt, ist um 76.000 Personen größer (vgl. Abbildung B 2-1). Andererseits reduziert sich die Zahl der erwerbstätigen Helferinnen und Helfer, deren Tätigkeitsspektrum überwiegend keine berufliche Ausbildung oder eine höchstens einjährige geregelte Berufsausbildung voraussetzt, um rund 113.000 Personen und die Zahl der erwerbstätigen Fachkräfte, deren Tätigkeitsspektrum überwiegend eine mindestens zweijährige Berufsausbildung voraussetzt, sogar um gut 210.000 Personen (vgl. Abbildung B 2-1).[153] Um die Nachfrage nach Beschäftigten, die hohe Anforderungsniveaus erfüllen können, zu decken und eine wachsende Ungleichheit der Beschäftigungschancen in der Wirtschaft 4.0 zu vermeiden, müssten einfacher beruflich Qualifizierte demnach vermehrt in die Lage versetzt werden, auch höhere Anforderungsniveaus im Beruf zu erfüllen.

Abb B 2-1

Download Daten

Vorausberechnete Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus beim Übergang zur Wirtschaft 4.0 im Vergleich zu einer Status-quo-Basisprojektion 2035 in Tausend



Quelle: Ergebnisse des Fachkräftemonitorings des BMAS. Eigene Darstellung basierend auf Wolter et al. (2019: 30).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

B

Veränderung von beruflichen Tätigkeitsprofilen und Kompetenzanforderungen

Im digitalen Strukturwandel verändern sich die beruflichen Tätigkeitsprofile der Beschäftigten an den Arbeitsplätzen. Bereits im Zusammenhang mit der zunehmenden Verbreitung von Computern am Arbeitsplatz in den 1980er und 1990er Jahren wurden ein Rückgang von Routinetätigkeiten und eine Zunahme der Nicht-Routinetätigkeiten beobachtet. Diese Veränderung vollzog sich nahezu ausschließlich innerhalb von Berufen.[154] Eine im Auftrag der Expertenkommission vom Institut für Weltwirtschaft und vom RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung erstellte empirische Studie stellt fest, dass sich dies noch bis Mitte der 2000er Jahre fortgesetzt hat.[155] Danach haben sich sowohl der Rückgang von Routinetätigkeiten als auch die Zunahme von Nicht-Routinetätigkeiten deutlich verlangsamt und die Veränderungen der Tätigkeitsanteile sind zunehmend auf Verschiebungen von Beschäftigungsanteilen zwischen Berufen zurückzuführen.[156] Die Abschwächung des Wandels der Tätigkeitsprofile steht im Einklang mit dem Auslaufen einer ersten Phase der beschleunigten Digitalisierung.[157]

Die beruflichen Nicht-Routinetätigkeiten unterteilen sich in analytische, interaktive und manuelle Nicht-Routinetätigkeiten (vgl. Box B 2-2). Manuelle Nicht-Routinetätigkeiten haben in den 2000er und 2010er Jahren wieder an Bedeutung verloren, nachdem ihre Intensität in den 1980er und 1990er Jahren angestiegen war.[158] Der Rückgang speist sich vor allem aus Veränderungen der Tätigkeitsprofile innerhalb von Berufen und weniger durch den beruflichen Strukturwandel. Die Intensität interaktiver und analytischer Nicht-Routinetätigkeiten ist am deutschen Arbeitsmarkt seit Mitte der 2000er Jahre weiter gewachsen, wenn auch weniger stark als zuvor. Zudem weisen beide Arten von Tätigkeiten nach wie vor deutliche Komplementaritäten mit digitalen Technologien auf. Die Zunahme interaktiver Nicht-Routinetätigkeiten lässt sich zuletzt insbesondere auf den Wandel der Beschäftigtenstruktur hin zu Berufen zurückführen, in denen diese Tätigkeiten eine größere Rolle spielen. Das Wachstum der analytischen Nicht-Routinetätigkeiten speist sich dagegen mehr aus dem Wandel der Tätigkeitsprofile innerhalb der Berufe.

Die mit der Nutzung digitaler Technologien einhergehende Veränderung von Tätigkeitsprofilen am Arbeitsplatz verändert auch den Bedarf an Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen (für Definitionen vgl. Box B 2-2), die für den Erhalt der beruflichen Handlungsfähigkeit gebraucht werden. Gemäß den Ergebnissen einer repräsentativen Befragung von Personalverantwortlichen führen Veränderungen am Arbeitsplatz im Zuge von Investitionen in selbststeuernde Maschinen und Anlagen oder IT-integrierte Büro- und Kommunikationsmittel zu einer steigenden Bedeutung der nicht-fachlichen Fähigkeiten, die etwa für vermehrt interdisziplinäre und kreativere Arbeitsweisen sowie ein intensiveres Kundenbeziehungsmanagement notwendig sind.[159]

Als Basis der im Jahr 2018 vom Stifterverband als großes gemeinschaftliches Aktionsprogramm von Wirtschaft und Zivilgesellschaft gestarteten Initiative Future Skills wurden 18 Kernfähigkeiten identifiziert, deren Bedeutung im Berufsleben mit der fortschreitenden Digitalisierung und den damit verbundenen neuen Arbeitsweisen branchenübergreifend

in der näheren Zukunft deutlich zunimmt. Dazu zählen neben verschiedenen technologischen Fähigkeiten, die für die Gestaltung von transformativen Technologien notwendig sind, auch digitale Kernfähigkeiten wie Digital Literacy, digitale Interaktion und Digital Learning sowie sogenannte klassische Kernfähigkeiten wie Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Eigeninitiative, Adaptionsfähigkeit und Durchhaltevermögen.[160]

Eine vergleichende Studie von auf 14 Ausbildungsberufe in Deutschland fokussierten Teilstudien dokumentiert, dass sich der mit der Digitalisierung beschleunigte Tätigkeitswandel besser durch die Stärkung einer umfassenden Handlungskompetenz bewältigen lässt als durch die ständig neue Aneignung berufsspezifischer Kompetenzen. Ein zentraler Bestandteil dieser umfassenden Handlungskompetenz ist die Lernkompetenz.[161] Die Kompetenz, eigenständig und selbstbestimmt Neues zu lernen, versetzt Beschäftigte in die Lage, sich an die mit der digitalen Transformation der Arbeitswelt rasch und kontinuierlich verändernden Tätigkeiten selbstregulierend anzupassen. Diese Lernkompetenz berufsbezogen zu fördern oder zu entwickeln, ist demnach eine wichtige Anforderung an das System der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

B 2-2 Berufliches Aus- und Weiterbildungssystem im digitalen Wandel

Anpassung von Inhalten und Lehr-Lern-Formaten in der beruflichen Ausbildung

Das berufliche Ausbildungssystem in Deutschland ist einem Wandel ausgesetzt. Bei den neu abgeschlossenen Ausbildungsverträgen ist der Anteil der Berufsgruppen, die durch einen hohen oder sehr hohen Digitalisierungsgrad gekennzeichnet sind, von 50 Prozent im Jahr 2010 auf 55 Prozent im Jahr 2018 gestiegen.[162] Zudem hat sich die Studienanfängerquote stark erhöht.[163] Das gewachsene und sich immer weiter ausdifferenzierende Hochschul- und Studienangebot bietet für viele Jugendliche offenbar attraktive Alternativen.[164] Das deutsche Berufsbildungssystem steht vor der Herausforderung, standardisierte Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne auf der einen Seite und eine schnelle Anpassung an geänderte Fähigkeitsanforderungen aufgrund von digitalem Strukturwandel auf der anderen Seite miteinander zu vereinbaren.

Box B 2-2

Zentrale Begriffe

Berufliche Tätigkeiten: Berufe setzen sich aus verschiedenen Aufgaben oder Tätigkeiten zusammen. Diese werden häufig in fünf Kategorien eingeteilt: manuelle Routinetätigkeiten wie das Überwachen von Maschinen, kognitive Routinetätigkeiten wie das Korrigieren von Texten, manuelle Nicht-Routinetätigkeiten wie die Ausführung von Reparaturen, analytische Nicht-Routinetätigkeiten wie das Forschen sowie interaktive Nicht-Routinetätigkeiten wie das Verhandeln.[165] Die Bewältigung dieser unterschiedlichen Tätigkeiten erfordert unterschiedliche Fähigkeiten und Kompetenzen.

Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten: Die Begriffe Fähigkeiten und Kompetenzen sind beide in ihrem Bedeutungsspektrum unscharf und werden häufig synonym gebraucht.[166] Weit gefasst lässt sich unter Kompetenz die Fähigkeit und Fertigkeit eines Individuums zur Bewältigung eines spezifischen Problems oder Problembereichs fassen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen variabel einsetzen zu können. Kompetenz ist immer auf ein spezifisches Anwendungsfeld bezogen. Daher wird oft eine Bezugsbezeichnung vorangestellt (z.B. soziale Kompetenz, digitale Kompetenz). Auch die Begriffe Fähigkeit und Fertigkeit werden häufig synonym gebraucht. Es lässt sich aber zwischen Fähigkeit als Begabung für etwas (etwa Musikalität) und Fertigkeit als durch Übung angeeignete Realisierung einer Fähigkeit (etwa Spielen eines Musikinstruments) unterscheiden. Fähigkeiten zählen zu den Persönlichkeitseigenschaften. Sie sind damit relativ stabil, lassen sich aber – wenn auch mit größerem Aufwand oder über einen längeren Zeitraum – grundsätzlich bewusst verändern.[167]

Qualifikationen: Qualifikationen bezeichnen das Ergebnis eines formalen Beurteilungs- und Validierungsprozesses. Bei diesem Prozess stellt eine dafür zuständige Institution (z.B. bei einer Abschlussprüfung) fest, dass die individuellen Kompetenzen, Fähigkeiten oder Fertigkeiten vorgegebenen Standards entsprechen.[168]

Das Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung (IAW) hat im Auftrag der Expertenkommission Expertengespräche zu den Auswirkungen von Digitalisierung u.a. auf den Bereich der beruflichen Ausbildung geführt und systematisch ausgewertet. Die befragten Expertinnen und Experten gaben an, dass durch den digitalen Wandel auf längere Sicht keine Ausbildungsberufe in Gänze wegfallen werden und Ausbildungsberufe eher selten neu entstehen. Vielmehr entwickeln sie sich stetig weiter.[169] Der Anpassungsdruck durch die Digitalisierung schlägt sich darin nieder, dass die Anzahl der neu geordneten Ausbildungsberufe in den letzten Jahren ungewöhnlich hoch war.[170] Auch Rahmenlehrpläne wurden zügig an Veränderungen im Zusammenhang mit der Digitalisierung angepasst.[171] Für alle Ausbildungsordnungen, die ab August dieses Jahres in Kraft treten, gelten neue, um das Thema Digitalisierung erweiterte Standardberufsbildpositionen.[172] Das per Sozialpartnervereinbarung zwischen Gesamtmetall, Industriegewerkschaft Metall, dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau und dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie angestoßene Agile Verfahren verfolgt das Ziel, für die Industrie-4.0-relevanten Ausbildungsberufe im Bereich Metall und Elektro die sich verändernden beruflichen Anforderungen systematisch zu beobachten und zu bewerten, um curriculare Vorgaben zeitnah zu verändern und Anpassungsbedarfe bei der Ausbildungsgestaltung zu erkennen.[173]

Als problematisch sehen Expertinnen und Experten eher die praktische Umsetzung der angepassten Ordnungsmittel[174] in die Gestaltung der Berufsausbildung auf der betrieblichen Ebene an.[175] Zwar haben viele Unternehmen die wachsende Bedeutung digitaler Kompetenzen erkannt und vermitteln in der betrieblichen Ausbildung bereits eine Vielzahl der Fähigkeiten und Fertigkeiten, die von Fachkräften in der digitalisierten Wirtschaft gebraucht werden.[176] Je weniger die Digitalisierung in den Betrieb und dessen Umfeld vorgedrungen ist, desto seltener wird jedoch die Ausbildungsgestaltung an die Entwicklung der beruflichen Handlungsfähigkeit in digitalisierten Arbeits- und Geschäftsprozessen angepasst.[177] Dies betrifft besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die in der Regel weniger stark digitalisiert operieren als große Unternehmen.[178] Stärker digitalisierte Unternehmen setzen bei der Ausbildung intensiver digitale Medien ein und vermitteln mehr digitale Kompetenzen.[179]

Als Reaktion auf die unterschiedlich weit vorgedrungene Digitalisierung und die dadurch verstärkte Diversifizierung der Arbeits- und Ausbildungsumgebungen haben sich in einigen Ausbildungsberufen formale Zusatzqualifikationen entwickelt, die eine Spezialisierung ermöglichen.[180] Viele Unternehmen wünschen sich diese flexiblen Ergänzungen zur Standardausbildung, insbesondere in hoch spezialisierten Branchen.[181] Diese Formate werden in den Bereichen, in denen sie vorhanden sind, auch bereits recht häufig genutzt, allerdings selten von einer Kammer geprüft, sodass Qualifikationsnachweise fehlen.[182] Aus den vom IAW geführten Experteninterviews resultiert die Empfehlung, die Ausbildungsordnungen verstärkt um Zusatzqualifikationen zu erweitern, weil diese eine Anpassung an aktuelle inhaltliche Bedarfe in kürzeren zeitlichen Abständen ermöglichen.[183] Zudem lässt sich mit diesem Format die Ausbildung besser auf spezifische betriebliche Bedarfssituationen und den Digitalisierungsgrad im konkreten Ausbildungsumfeld ausrichten, und es werden Ankerpunkte für berufliche Spezialisierungen und Fachkarrieren gesetzt.[184]

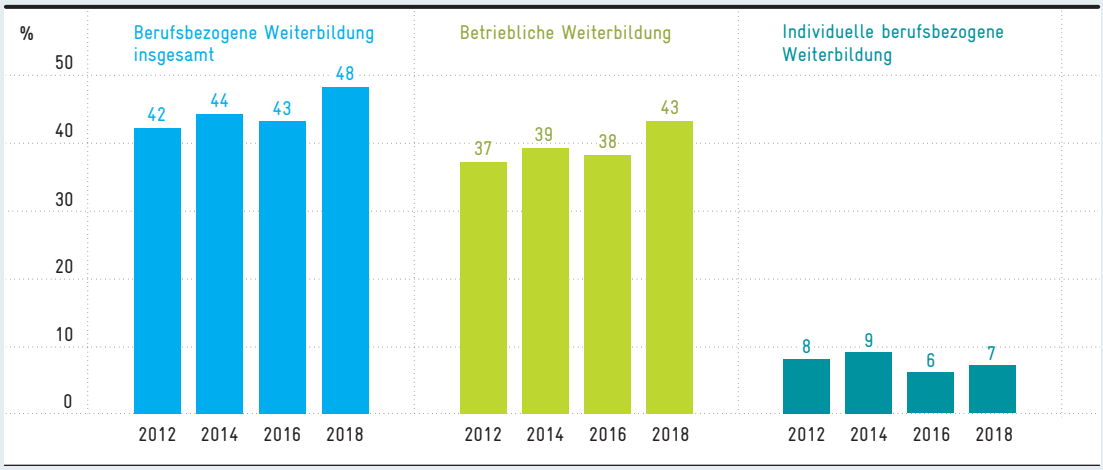
Die vom IAW befragten Expertinnen und Experten attestieren den Ausbildungsbetrieben und den Berufsschulen alles in allem eine gute technische Ausstattung.[185] Bei den Berufsschulen werden jedoch größere Defizite bei der Ausstattung mit digitalen Medien, Hard- und Software konstatiert.[186] Handlungsbedarf wird im Hinblick auf die Qualifikation und Weiterbildung der Ausbilderinnen und Ausbilder in den Betrieben und der Lehrkräfte an den Berufsschulen gesehen.[187] Diese konzentrieren sich bislang überwiegend auf die berufsfachliche Dimension.

Die Digitalisierung führt zu einem größeren Methoden-Mix in der beruflichen Ausbildung. Der Stellenwert von digitalen Lehr-Lern-Formaten sowie von selbstorganisiertem und selbstständigem Lernen wächst. Damit verändern sich auch die Anforderungen an das methodische Wissen und die didaktischen Fähigkeiten des mit der Ausbildung befassten Personals. Die spezifischen didaktischen Kompetenzen, die der effektive Einsatz von digitalen Lehr-Lern-Formaten oder die Vermittlung der personalen und sozial-kommunikativen Fähigkeiten für die digitalisierte Arbeitswelt erfordern, sind laut den vom IAW befragten Expertinnen und Experten häufig nicht ausreichend vorhanden.

Abb B 2-3

Download Daten

Teilnahmequoten an berufsbezogener Weiterbildung in Deutschland 2012–2018 in Prozent



Gewichtete Werte. Die Definition der Weiterbildungssegmente unterscheidet sich im Jahr 2018 leicht von derjenigen in den vorherigen betrachteten Jahren. Für detaillierte Informationen vgl. Endnote 191.
Quelle: Adult Education Survey. Eigene Darstellung basierend auf Berechnungen des Deutschen Instituts für Erwachsenenbildung in BIBB (2020: 303).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Systematische Unterschiede bei der Weiterbildungsbeteiligung

Mit der Digitalisierung wächst der Bedarf an berufsbezogener Weiterbildung. In der Weiterbildungserhebung des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) aus dem Jahr 2017 gaben rund 26 Prozent der befragten Unternehmen an, dass ihr Weiterbildungsbedarf durch die Einführung neuer digitaler Technologien deutlich gestiegen ist. Weitere 40 Prozent sagten, dass er leicht gestiegen ist.[188]

Der Anteil der 25- bis 64-Jährigen, die während der letzten zwölf Monate an mindestens einer berufsbezogenen Weiterbildungsaktivität teilgenommen haben, lag im Jahr 2018 bei 48 Prozent (vgl. Abbildung B 2-3).[189] Die Quote war damit 6 Prozentpunkte höher als im Jahr 2012.[190] Diese Zunahme ist nur auf eine höhere Beteiligung an betrieblicher Weiterbildung zurückzuführen, die somit weiterhin das Bild der berufsbezogenen Weiterbildung in Deutschland prägt. Im Jahr 2018 nahmen 43 Prozent der 25- bis 64-Jährigen an betrieblicher Weiterbildung teil, an individueller berufsbezogener Weiterbildung dagegen 7 Prozent.[191]

Die Beteiligung an berufsbezogener Weiterbildung bei Personen mit niedrigen beruflichen Qualifikationen ist klar unterdurchschnittlich.[192] Sie ist allerdings seit dem Jahr 2012 deutlich gewachsen. Beschäftigte, deren Tätigkeiten durch Technologien potenziell leichter ersetzbar sind, weil sie einen hohen Anteil an Routinetätigkeiten ausführen, bilden sich seltener beruflich weiter, und zwar in allen Qualifikationsgruppen.[193] Dazu trägt bei, dass deren Arbeitgeber generell seltener Weiterbildung durchführen und den Beschäftigten mit einem hohen Anteil an Routinetätigkeiten seltener individuelle Weiterbildungsangebote machen.[194]

Der Anteil der weiterbildungsaktiven Betriebe hat sich von 2001 bis 2011 von 36 Prozent auf 53 Prozent erhöht und war anschließend ziemlich stabil. Zuletzt hat er wieder leicht zugenommen und ist auf gut über 54 Prozent im Jahr 2018 angestiegen (vgl. Kapitel C 1).[195] Die Quoten der Weiterbildungsaktivität variieren stark in Abhängigkeit von Branche, Struktur der Belegschaft und Betriebsgröße. Kleine Betriebe sind deutlich seltener weiterbildungsaktiv. Während nahezu alle Betriebe mit 50 bis 249 Beschäftigten, mit 250 bis 499 Beschäftigten sowie mit 500 und mehr Beschäftigten Weiterbildungsaktivitäten entfalten (92, 97 bzw. 98 Prozent), sind Betriebe mit weniger als 50 Beschäftigten nur zu 52 Prozent weiterbildungsaktiv (vgl. Kapitel C 1).[196] Unternehmen mit einem höheren Digitalisierungsgrad, also mit einer höheren Anzahl eingesetzter digitaler Technologien, sind systematisch weiterbildungsaktiver.[197]

Die im Durchschnitt weniger digitalisierten KMU verfügen seltener über ein strukturiertes Personalmanagement und haben dadurch öfter Schwierigkeiten, Weiterbildungsbedarfe vorausschauend zu identifizieren. Zudem sind sie stärker auf externe Weiterbildungsanbieter angewiesen.[198] Überbetrieblich organisierte Weiterbildungsstrukturen sind eher schwach ausgeprägt. KMU könnten von mehr Beratung profitieren, um mehr Informationen zu Entwicklungstrends bei den sich aus der Digitalisierung ergebenden Qualifizierungsbedarfen und eine bessere Orientierung bei der Auswahl geeigneter und qualitativ hochwertiger Weiterbildungsangebote zu erhalten.

Anbietervielfalt im Bereich der berufsbezogenen Weiterbildung

Die berufsbezogene Weiterbildung in Deutschland wird von vielfältigen Institutionen durchgeführt, insbesondere von Betrieben, kommerziellen Anbietern (wie Sprachschulen), staatlichen Anbietern (wie Volkshochschulen) und gemeinschaftlichen Anbietern (wie Ärztekammern). Betriebliche Weiterbildungsaktivitäten, also Weiterbildungsaktivitäten, die ganz oder überwiegend während der bezahlten Arbeitszeit oder einer bezahlten Freistellung für Bildungszwecke erfolgen oder bei denen direkte Weiterbildungskosten mindestens anteilig vom Arbeitgeber übernommen werden, wurden im Jahr 2018 zu 65 Prozent von den Betrieben selbst durchgeführt. In gut jedem dritten Fall wurde jedoch ein externer Anbieter eingeschaltet.[199] Die individuelle berufsbezogene Weiterbildung verteilte sich zu 30 Prozent auf kommerzielle Anbieter, zu 28 Prozent auf staatliche Anbieter, zu 20 Prozent auf gemeinschaftliche Anbieter und zu 18 Prozent auf betriebliche Anbieter.[200] Hochschulen und Universitäten spielen als Anbieter für berufsbezogene Weiterbildung eine sehr geringe Rolle.[201] Es gibt Forderungen, dass sie in diesem Bereich stärker in Erscheinung treten sollen, weil der Bedarf an tertiärer beruflicher Bildung angesichts der technologischen Veränderungen steigt.[202]

Eine verlässliche Bewertung der Qualität der vielfältigen Weiterbildungsträger und einzelner Weiterbildungsangebote ist schwierig. Im Bereich der öffentlich geförderten Weiterbildung knüpft die Akkreditierungs- und Zulassungsverordnung Arbeitsförderung (AZAV)[203] die Zulassung von Trägern und Maßnahmen der Arbeitsförderung an Kriterien wie die Eignung der eingesetzten Lehrkräfte oder die Verfahren zur Qualitätssicherung. Im Bereich der frei finanzierten Weiterbildungsangebote gibt es dagegen keine verbindlichen Vorgaben. Zum Teil haben sich freiwillige Qualitätssicherungsverfahren etabliert.[204] Diese input- und prozessorientierten Verfahren sind zur Bewertung der Wirksamkeit der angebotenen Weiterbildungen im Hinblick auf die Qualifizierungsziele jedoch nur bedingt aussagekräftig. Dies gilt auch für Kundenbewertungen auf Bewertungsportalen.[205]

Zunehmende Bedeutung digitaler Weiterbildungsformate

Eine Herausforderung für die Anbieter von berufsbezogenen Weiterbildungen ist, dass sich mit der Digitalisierung die nachgefragten Inhalte rasch verändern. Weiterbildungsangebote müssen fortwährend an die sich wandelnden Bedarfe angepasst oder neu konzipiert werden. Vor diesem Hintergrund ist es vorteilhaft, wenn Weiterbildungsangebote in Module aufgeteilt sind, die schnell adjustiert und flexibel kombiniert werden können.[206] Gleichzeitig verändert die Digitalisierung die Formen und Methoden der Weiterbildung. Inbesondere digitale Lehr-Lern-Formate gewinnen an Bedeutung. Diese Entwicklungen schaffen einen erheblichen Bedarf an Weiterbildung bei den eingesetzten Lehrkräften. Weil diese oft freiberuflich tätig sind, tun sich die Anbieter jedoch schwer, diese zu organisieren.[207]

Im Segment der individuellen berufsbezogenen Weiterbildung ist die Nachfrage nach digitalen Lehr-Lern-Formaten aktuell noch relativ schwach. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass in diesem Bereich die persönliche Begegnung mit anderen Teilnehmenden und den Dozierenden geschätzt wird.[208] Allerdings werden im Segment der betrieblichen Weiterbildung Präsenzformate zunehmend um digitale Angebote ergänzt.[209] Vorteile von Online-Formaten sind zum einen Kosteneinsparungen für die Betriebe, zum anderen Gewinne an zeitlicher und inhaltlicher Flexibilität sowie eine stärkere Personalisierung der Weiterbildungsinhalte. Jedoch sind Sinnhaftigkeit und Anwendbarkeit digitaler Angebote stark vom Lernziel der Weiterbildung und von den Fähigkeiten der Lernenden zu Selbstorganisation und selbstbestimmtem Lernen abhängig. Vor allem reine Informations- und Wissensangebote können gut online dargestellt werden. In der absehbaren Zukunft dürften vor allem Hybridformate attraktiv für die betriebliche Weiterbildung sein.[210]

B 2-3 Initiativen des Bundes für die Aus- und Weiterbildung in der digitalen Arbeitswelt

An der Organisation der beruflichen Aus- und Weiterbildung sind vor allem Arbeitgeber und Gewerkschaften, Bund und Länder sowie teilweise auch die Bundesagentur für Arbeit (BA) beteiligt.[211] Im Folgenden liegt der Fokus auf den vom Bund implementierten Maßnahmen und Programmen, die die Leistungsfähigkeit der beruflichen Aus- und Weiterbildung zur Bewältigung der veränderten Anforderungen in der digitalen Arbeitswelt stärken sollen. Diese laufen vor dem Hintergrund – und teils im Rahmen – der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 und der Nationalen Weiterbildungsstrategie (vgl. Box B 2-4).[212]

Generell lassen sich über die Wirkungen der zahlreichen Fördermaßnahmen im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung keine belastbaren Aussagen treffen. Eine systematische Evaluierung der Maßnahmen steht größtenteils noch aus.

Messung von Kompetenz- und Qualifikationsbedarfen

Innerhalb der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) u.a. von 2016 bis 2018 die Forschungsinitiative Fachkräftequalifikation und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen gefördert. In diesem Rahmen wurden Kompetenz- und Qualifikationsbedarfe für ausgewählte Berufe ermittelt sowie Schlussfolgerungen für eine Weiterentwicklung der Ordnungsmittel für die berufliche Ausbildung abgeleitet.[213] Auch das BMAS zielt mit der von 2019 bis 2020 geförderten und vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung durchgeführten Machbarkeitsstudie Kompetenz-Kompass darauf ab,

Box B 2-4

Dachinitiative Berufsbildung 4.0 und Nationale Weiterbildungsstrategie

Im Rahmen der Strategie Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft[214] hat das BMBF im Jahr 2016 die Dachinitiative Berufsbildung 4.0 ins Leben gerufen. Sie verfolgt das Ziel, den digitalen Wandel in der beruflichen Bildung zu unterstützen.[215] Zu diesem Zweck werden verschiedene Programme und Initiativen mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Zielgruppen zusammengefasst und miteinander verzahnt.[216]

Berufsbildung 4.0 leistet auch Beiträge zur Nationalen Weiterbildungsstrategie.[217] Letztere wurde im Juni 2019 von BMAS und BMBF gemeinsam mit den Ländern, der Wirtschaft, den Gewerkschaften und der BA verabschiedet und soll den Grundstein für eine neue Weiterbildungskultur legen.[218] Die Strategiepartner wollen die Weiterbildung in Deutschland so ausrichten, dass der insbesondere durch die Digitalisierung vorangetriebene Strukturwandel erfolgreich gestaltet werden kann. Die Nationale Weiterbildungsstrategie fokussiert auf die berufsbezogene Weiterbildung und zielt darauf ab, die berufliche Handlungsfähigkeit u.a. im Rahmen von Anpassungsqualifizierungen zu sichern oder im Rahmen von Aufstiegsqualifizierungen zu erweitern. Hierzu werden zehn Handlungsziele definiert:

1. Die Transparenz von Weiterbildungsmöglichkeiten und -angeboten unterstützen.
2. Förderlücken schließen, neue Anreize setzen, bestehende Fördersysteme anpassen.
3. Lebensbegleitende Weiterbildungsberatung flächendeckend vernetzen und Qualifizierungsberatung insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen stärken.
4. Die Verantwortung der Sozialpartner stärken.
5. Die Qualität und Qualitätsbewertung von Weiterbildungsangeboten prüfen und stärken.
6. Erworbene Kompetenzen von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern in der beruflichen Bildung sichtbar machen und anerkennen.
7. Fortbildungsabschlüsse und Weiterbildungsangebote entwickeln.
8. Bildungseinrichtungen als Kompetenzzentren für berufliche Weiterbildung strategisch weiterentwickeln.
9. Das Personal in der Weiterbildung stärken und für den digitalen Wandel qualifizieren.
10. Die strategische Vorausschau stärken und die Weiterbildungsstatistik optimieren.

Der erste Umsetzungsbericht zur Nationalen Weiterbildungsstrategie soll im Laufe dieses Jahres vorgelegt werden.

Kenntnisse darüber zu erlangen, wie aktuelle und zukünftige fachliche und überfachliche Kompetenzbedarfe systematisch identifiziert werden können.[219]

Das Gegenstück zu einer laufenden Messung von Kompetenzbedarfen ist ein Monitoring der in der Erwerbsbevölkerung vorhandenen Kompetenzen. Konzeptionell sind damit große Herausforderungen verbunden. Im Kontext der Berufsausbildung in Deutschland sind eine Reihe von Konzepten zur Kompetenzmessung verfügbar, die sich jedoch auf kaufmännische, gewerblich-technische und Gesundheitsberufe konzentrieren und sich deutlich häufiger mit fachlichen als mit allgemeinen und sozial-kommunikativen Kompetenzen befassen. Zudem fehlt häufig ein breiter Transfer dieser Konzepte in die Praxis.[220] Um das Instrumentarium der Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung technologiebasiert weiterzuentwickeln und praxistauglicher zu machen, fördert das BMBF seit 2017 die Transferinitiative ASCOT+. Sie hat das Ziel, digitale Messinstrumente für berufliche und berufsübergreifende Kompetenzen von Auszubildenden in drei Berufsfeldern zu entwickeln und diese in der Ausbildungs- und Prüfungspraxis zu erproben.[221]

Modernisierung der Ausbildungsgestaltung und -methoden

Andere Maßnahmen zielen auf die Förderung der digitalen Lehre in der beruflichen Bildung ab. Dazu gehört u.a. das BMBF-Programm Digitale Medien in der beruflichen Bildung, das die Qualität und die Attraktivität der beruflichen Aus- und Weiterbildung durch die Nutzung digitaler Medien für das Lehren und Lernen steigern soll.[222] Darüber hinaus fördert die 2019 vom BMBF gestartete Qualifizierungsinitiative Digitaler Wandel – Q 4.0 die Entwicklung und Erprobung von Weiterbildungskonzepten für das Berufsbildungspersonal.[223] Hierbei wird zum einen auf die medienpädagogische Kompetenz des Ausbildungspersonals, zum anderen auf ihre Qualifizierung zur Anpassung der Ausbildungsinhalte und -prozesse an den digitalen Wandel abgestellt.

Auch die Modernisierung der Ausbildung in KMU wird gefördert, u.a. durch die Förderlinie Aus- und Weiterbildung in der Wirtschaft 4.0 im Rahmen des Programms JOBSTARTER plus. Diese Förderlinie unterstützt KMU bei der methodisch-didaktischen Weiterentwicklung der Ausbildungsgestaltung, um den durch die Digitalisierung veränderten Rahmenbedingungen und Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf die personalen Fähigkeiten, Rechnung zu tragen.[224]

Ausbau der berufsbezogenen Weiterbildung

Die Förderung der berufsbezogenen Weiterbildung liegt hauptsächlich im Zuständigkeitsbereich des BMAS. Die traditionelle Zielgruppe von öffentlich geförderten Weiterbildungsmaßnahmen sind Arbeitslose. In jüngerer Zeit wurden jedoch die Unterstützungsangebote für Beschäftigte stark ausgebaut. So trat Anfang 2019 das Gesetz zur Stärkung der Chancen für Qualifizierung und für mehr Schutz in der Arbeitslosenversicherung (Qualifizierungschancengesetz) in Kraft.[225] Das Qualifizierungschancengesetz fördert berufsbezogene Weiterbildung außerhalb des Betriebs für Beschäftigte, die Tätigkeiten ausüben, die durch neue Technologien ersetzt werden, in sonstiger Weise vom Strukturwandel betroffen sind oder eine berufsbezogene Weiterbildung in einem Engpassberuf anstreben.[226] Es wurde ein Recht auf Weiterbildungs- und Qualifizierungsberatung für Beschäftigte und Unternehmen eingeführt. Neben der Übernahme von Weiterbildungskosten wird die Möglichkeit eines partiellen Lohnausgleichs bei Weiterbildung gewährt.[227]

Das im Mai 2020 in Kraft getretene Gesetz zur Förderung der beruflichen Weiterbildung im Strukturwandel und zur Weiterentwicklung der Ausbildungsförderung (Arbeit-von-morgen-Gesetz) erweitert die Förderleistungen für besonders vom Strukturwandel betroffene Beschäftigte über das Qualifizierungschancengesetz hinaus. Es unterstützt die berufliche Nachqualifizierung von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern ohne Berufsabschluss, verbessert die Fördermöglichkeiten von Weiterbildung in Kurzarbeit und hat die Kostensätze für Weiterbildungsträger zur Qualitätssicherung angehoben.[228]

Für eine noch weitergehende Absicherung der Beschäftigten bei fundamentalen Umbrüchen in der Wirtschaft wird von Seiten der Gewerkschaften die Einführung des sogenannten Transformations-Kurzarbeitergeldes vorgeschlagen. Dieses soll als Lohnersatzleistung während einer zu besuchenden Weiterbildung gewährt werden, wenn die Betriebsparteien gemeinsam feststellen, dass sich aufgrund von Veränderungen von Produkten, Prozessen und Arbeitsabläufen die Tätigkeit einer erheblichen Anzahl von Beschäftigten grundlegend ändern wird und ihre beruflichen Kenntnisse und Fähigkeiten zur Erfüllung von erwarteten künftigen Aufgaben im Unternehmen nicht ausreichen. Darüber hinaus sollen die Weiterbildungskosten von der BA voll übernommen werden.[229] Die Expertenkommission hält diesen Ansatz für ungeeignet, da damit unternehmerische

Risiken auf die Gemeinschaft der Sozialversicherten übertragen werden und erhebliche Mitnahmeeffekte zu erwarten sind. Vor allem aber könnte notwendiger Strukturwandel behindert werden. Übergänge von Beschäftigten zu wettbewerbsfähigeren Unternehmen würden gebremst. Neugründungen, die mit innovativen Produkten, Prozessen oder Geschäftsmodellen in den Markt eintreten, wären systematisch benachteiligt.

Regionale Netzwerke können eine wichtige Rolle spielen, um eine neue Weiterbildungskultur zu etablieren. Deswegen fördert das BMAS seit Juni 2020 den Aufbau von Weiterbildungsverbünden, um mit Hilfe von regionalen Koordinierungsstellen verbindliche Kooperations- und Vernetzungsstrukturen zwischen Unternehmen, Akteuren der Weiterbildungslandschaft und anderen Arbeitsmarktakteuren zu etablieren. Die Weiterbildungsverbünde sollen insbesondere KMU bei der Planung, Organisation und Ausgestaltung der berufsbezogenen Weiterbildung ihrer Beschäftigten unterstützen.[230]

B 2-4 Handlungsempfehlungen

Infolge des digitalen Strukturwandels müssen viele Beschäftigte in Deutschland in den kommenden Jahren den Arbeitsplatz wechseln und sich dabei beruflich neu orientieren. Darüber hinaus werden sich an vielen bestehenden Arbeitsplätzen die Tätigkeitsprofile noch weiter verändern. Wer im Erwerbsleben steht, muss daher zum Erhalt der beruflichen Handlungskompetenz nicht nur bessere digitale Kernfähigkeiten, sondern verstärkt auch personale und sozial-kommunikative Kernfähigkeiten entwickeln. Deshalb ist es notwendig, die berufliche Ausbildung an die Anforderungen der digitalisierten Arbeitswelt anzupassen und die berufsbezogene Weiterbildung zu stärken. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission folgende Maßnahmen:

Ausbildungsgestaltung an die Digitalisierung anpassen

- Die Bundesregierung soll darauf hinwirken, dass alle Ausbildungsordnungen an die Veränderungen durch die Digitalisierung angepasst und hinreichend aktuell gehalten werden. Zwischen den Aktualisierungen sollten die sich verändernden beruflichen Anforderungen breiter systematisch beobachtet und bewertet werden, um curriculare Vorgaben zeitnah zu aktualisieren und Anpassungsbedarfe bei der Ausbildungsgestaltung zu erkennen.
- Das Angebot an Beratung und Hilfen zur Umsetzung einer an die Digitalisierung angepassten Ausbildungsgestaltung sollte ausgebaut werden. Der Fokus sollte hierbei auf schwach digitalisierte Betriebe, insbesondere unter den KMU, gelegt werden. Die Bildung von Ausbildungsverbünden mit Betrieben, deren Geschäfts- und Arbeitsprozesse bereits stärker digitalisiert sind, sollte stärker unterstützt und die Vernetzung von digitalen Bildungsorten und Bildungsangeboten vorangetrieben werden.

Berufsausbildungspersonal und Berufsschulen fit für die Digitalisierung machen

- An Berufsschulen und in Betrieben muss die Aus- und Fortbildung der Lehrkräfte sowie der Ausbilderinnen und Ausbilder noch stärker auf die neuen inhaltlichen und methodischen Anforderungen durch die Digitalisierung ausgerichtet werden. Daher sollten die Ergebnisse des BMBF-Förderprogramms Qualifizierungsinitiative Digitaler Wandel – Q 4.0 wissenschaftlich evaluiert und die Umsetzung der erfolgreichsten Konzepte in die Praxis unterstützt werden.
- Die Anreize für eine entsprechende Fort- und Weiterbildung von Berufsausbildungspersonal sollten gestärkt werden.
- Flankierend dazu hält es die Expertenkommission für dringend erforderlich, die Berufsschulen flächendeckend mit einer leistungsfähigen digitalen Infrastruktur, modernen Medien und Zugängen zu hochwertiger Lernsoftware auszustatten. Die für die Digitalisierung der Schulen in der allgemeinen und beruflichen Bildung im Rahmen des DigitalPakt Schule bereitgestellten Mittel werden als nicht ausreichend erachtet.[231]

Berufliche Anpassungsfähigkeit durch flexible Zusatzqualifikationen stärken

- Um sowohl die berufliche Anpassungsfähigkeit als auch die Basis für differenziertere Fachkarrieren zu stärken, sollte das Angebot an Wahlmodulen und Zusatzqualifikationen während der Berufsausbildung weiter ausgebaut werden und möglichst überall verfügbar sein. Die Aufnahme von optionalen, kodifizierten Zusatzqualifikationen in

die Ausbildungsordnungen sollte verstärkt werden. Um die Bereitschaft der Betriebe zu erhöhen, Zusatzqualifikationen anzubieten, sollten insbesondere KMU besser darüber informiert werden, wie sie mit diesen betriebsspezifische Kompetenzbedarfe abdecken können.
– Das Angebot der Zusatzqualifikationen sollte zur berufsbezogenen Weiterbildung hin geöffnet werden.

Umsetzung der Nationalen Weiterbildungsstrategie voranbringen

– Die Expertenkommission begrüßt, dass die Bundesregierung der zunehmenden Bedeutung von lebenslangem Lernen mit der Nationalen Weiterbildungsstrategie Rechnung trägt und dort gemeinsam mit den Sozialpartnern konkrete Aktivitäten und Vorhaben formuliert. Sie mahnt jedoch eine zügige und koordinierte Umsetzung der geplanten Maßnahmen an. Zudem sollte die Nationale Weiterbildungsstrategie konkretere Kriterien vorgeben, anhand derer die Qualität der Umsetzung und der Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen evaluiert werden.

Ausreichende Ressourcen für hochwertigere Weiterbildungsangebote bereitstellen

– Die Expertenkommission befürwortet, dass Qualitätsaspekte bei der laufenden Aktualisierung der Akkreditierungs- und Zulassungsverordnung Arbeitsförderung ein größeres Gewicht erhalten sollen. Hierbei sollten nicht nur die bisherigen inputorientierten Vorgaben anspruchsvoller werden, sondern auch outputorientierte Kriterien, wie die erreichten Qualifikationen und Arbeitsmarktergebnisse der weitergebildeten Personen, ein starkes Gewicht erhalten. Im Bereich der öffentlich geförderten berufsbezogenen Weiterbildung sind die Förderhöhen so zu bemessen, dass qualitativ hochwertige Angebote profitabel sind.
– Anwendungsorientierte Hochschulen und Universitäten könnten sich – auf freiwilliger Basis – mit speziellen Angeboten stärker im Markt für berufsbezogene Weiterbildung positionieren. Wenn die Hochschulen und Universitäten als Weiterbildungsträger zusätzliche Aufgaben übernehmen, müssen sie mit den dafür erforderlichen Ressourcen ausgestattet werden.
– Um KMU bei der berufsbezogenen Weiterbildung zu unterstützen, sollte der Aufbau von lokalen und regionalen Netzwerken vorangetrieben werden, die leistungsfähige überbetriebliche Lösungen organisieren. Daher begrüßt die Expertenkommission die vom BMAS gestartete Förderung des Aufbaus von Weiterbildungsverbünden.

Berufliche Mobilität präventiv unterstützen

– Die Förderinstrumente der Bundesagentur für Arbeit für die berufsbezogene Weiterbildung zur Anpassung an den technologischen Wandel sind primär auf das Ziel einer Weiterbeschäftigung beim bisherigen Arbeitgeber ausgerichtet und setzen oft erst ein, wenn der Arbeitsplatz stark gefährdet oder sogar bereits verloren ist. Die Expertenkommission empfiehlt, zusätzlich Instrumente zur Unterstützung präventiver Anpassungsqualifizierungen zu entwickeln und zu erproben, die einzelnen Beschäftigten den Umstieg zu einem neuen Arbeitgeber erleichtern. Tragfähige Brückenlösungen müssen sowohl das abgebende als auch das aufnehmende Unternehmen beteiligen und für einen angemessenen Ausgleich von deren Interessen sorgen.

Monitoring von beruflichen Fähigkeiten ausbauen

– Die Passgenauigkeit der beruflichen Aus- und Weiterbildung kann von einem Monitoring-System profitieren, das die im Beruf gebrauchten und bei den im Erwerbsleben stehenden Personen vorhandenen Fähigkeiten umfassend und kontinuierlich erfasst. Die Expertenkommission begrüßt daher Initiativen, Daten der Bundesagentur für Arbeit, von Unternehmen und aus sozialen Netzwerken für diesen Zweck zu erschließen und auszuwerten. Dies könnte zusammen mit dem Aufbau einer zentralen Datenbank über die vorhandenen beruflichen Aus- und Weiterbildungsangebote die Informationsbasis für Karriere- und Bildungsentscheidungen wesentlich verbessern.

Strukturen zur Orientierung über berufsbezogene Weiterbildung verbessern

– Wie bei der Berufsorientierung könnten die Agenturen für Arbeit als lokale Anlaufstellen mit der Orientierung über die berufsbezogene Weiterbildung von Beschäftigten künftig eine weitere Aufgabe übernehmen. Um Zielkonflikten vorzubeugen, empfiehlt die Expertenkommission, die Beratung über die individuelle berufsbezogene Weiterbildung organisatorisch strikt von diesbezüglichen Fördermaßnahmen zu trennen.

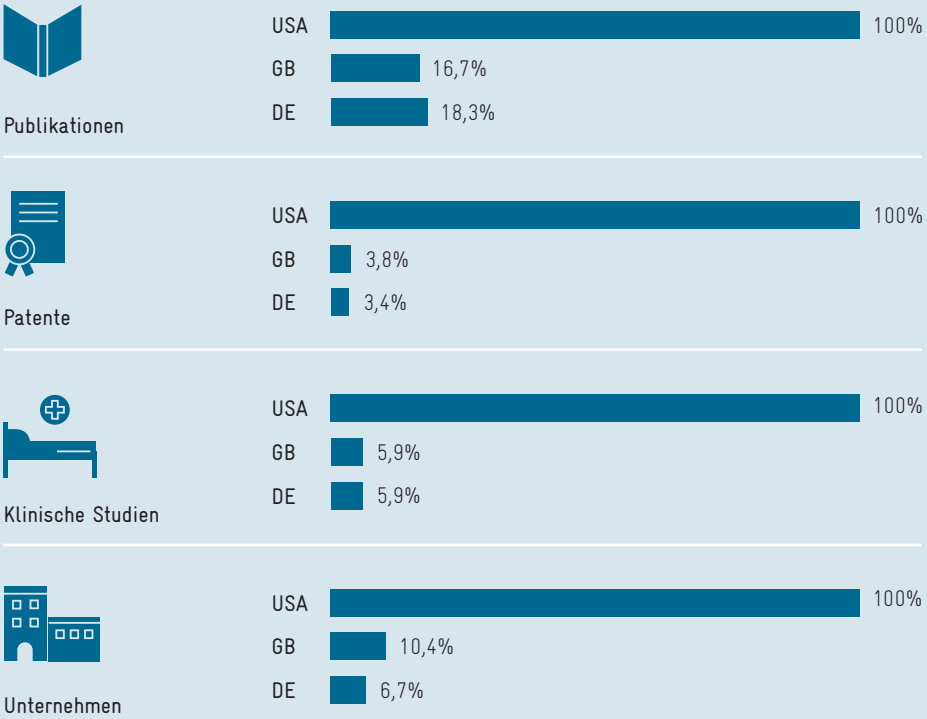
B 3 Gen-Editierung und CRISPR/Cas

Download Daten

CRISPR/Cas ist ein Werkzeug zur Gen-Editierung, das u.a. dafür genutzt werden kann, Ansätze für neue Therapien zu finden und Ursachen von Krankheiten zu entschlüsseln. Fachleute schreiben CRISPR/Cas ein hohes Potenzial zu, weil es Gen-Editierung vereinfacht und so den Kreis der Forschenden sowie der Anwendungsgebiete enorm vergrößert.

1. Die Leit-RNA und ein Protein zum Schneiden der DNA, wie Cas9, bilden ein CRISPR-System. 2. Das CRISPR/Cas-System bindet gezielt an einen bestimmten DNA-Abschnitt. 3. Dort wird der DNA-Doppelstrang geschnitten. 4. An der Schnittstelle kann DNA eingefügt oder entfernt werden.

Forschungs- und Innovationsaktivitäten zu CRISPR/Cas in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen von Deutschland und Großbritannien relativ zu denen der USA 2012–2019



Deutschland ist in der Forschung zu CRISPR/Cas in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen vergleichsweise gut aufgestellt. Für Erfindungen zu CRISPR/Cas, deren Nutzung für Patientinnen und Patienten sowie die Kommerzialisierung durch Unternehmen bestehen in Deutschland allerdings noch unerschlossene Potenziale.

Quelle: Darstellung der Funktionsweise von CRISPR/Cas: Fröndhoff et al. (2019).
Forschungs- und Innovationsaktivitäten zu CRISPR/Cas: Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).

B 3 Gen-Editierung und CRISPR/Cas

Die Gen-Schere CRISPR/Cas ist ein Werkzeug zur Gen-Editierung, das u.a. dafür genutzt werden kann, Ansätze für neue Therapien zu finden,[232] Ursachen von Krankheiten zu entschlüsseln,[233] genetische Tests zu entwickeln[234] und medizinische Grundlagenforschung zu betreiben[235] (vgl. Boxen B 3-1 und B 3-2).

Neben dem Einsatz von CRISPR/Cas für medizinische Zwecke (rote Biotechnologie) kommt CRISPR/Cas auch in der Landwirtschaft (grüne Biotechnologie) und in industriellen Anwendungen (weiße Biotechnologie) – beispielsweise zur Erzeugung gentechnisch veränderter Enzyme, Zellen oder Mikroorganismen – zum Einsatz.[236] In diesen Bereichen bestehen zum Teil hohe Wertschöpfungspotenziale.[237] Dieses Kapitel fokussiert auf den Einsatz von CRISPR/Cas zu medizinischen Zwecken.

Mit Hilfe von CRISPR/Cas können Gene[238] verändert, aus- oder angeschaltet werden. Daraus ergeben sich neue Möglichkeiten, Erbkrankheiten zu behandeln. Mindestens 3 Prozent der Weltbevölkerung sind von einer Erbkrankheit betroffen, die durch den Fehler eines einzelnen Gens ausgelöst wurde. Eine Korrektur dieses fehlerhaften Gens könnte die Krankheit heilen.[239]

Forscherinnen und Forscher schreiben CRISPR/Cas ein hohes Potenzial zu, weil es Gen-Editierung vereinfacht und so den Kreis der Forschenden sowie die Anwendungsgebiete enorm vergrößert. Dies hat in den letzten Jahren zu einer starken Zunahme der FuE-Aktivitäten in Zusammenhang mit CRISPR/Cas geführt. Die meisten derzeitigen Entwicklungsarbeiten zu medizinischen Anwendungen von CRISPR/Cas gelten als ethisch unbedenklich.[244]

Box B 3-1

CRISPR/Cas

CRISPR/Cas wurde als Teil des adaptiven bakteriellen Immunsystems entdeckt.[240] Erkennt dieses Immunsystem eine Infektion durch Viren, schneidet es die Desoxyribonukleinsäure (DNA) der Viren, um sie unschädlich zu machen. Die ausgeschnittenen Teile der Viren-DNA werden dann in die DNA des Bakteriums eingefügt. Innerhalb der DNA des Bakteriums befinden sich die Teile der Viren-DNA zwischen flankierenden konstanten Regionen der Bakterien-DNA. Der Wechsel von sich wiederholenden flankierenden DNA-Sequenzen und variablen DNA-Sequenzen in der DNA von Bakterien erhielt den Namen CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats[241]). Diese CRISPR-Sequenzen wiederum helfen dem Immunsystem des Bakteriums, die Viren-DNA beim nächsten Eindringen zu erkennen, zu schneiden und unschädlich zu machen. Die Fähigkeit, DNA zu schneiden, macht man sich für die Gen-Editierung zunutze.

Zum Schneiden von DNA benötigt ein CRISPR-System zwei Komponenten: eine Leit-Ribonukleinsäure (Leit-RNA) und ein Protein, das die DNA schneidet.[242] Das am häufigsten verwendete Protein ist das Cas9-Protein aus dem Scharlacherreger (Streptococcus pyogenes) – spCas9. Allerdings kann es passieren, dass die DNA nicht nur an der beabsichtigten Stelle geschnitten wird. In diesem Fall spricht man von sogenannten Off-Target-Effekten. Diese können im schlimmsten Fall eine Entartung der betroffenen Zelle und somit die Ausbildung eines Tumors zur Folge haben.[243] Off-Target-Effekte zu reduzieren ist ein zentraler Gegenstand der aktuellen Forschung.

Forscherinnen und Forscher in Deutschland bringen sich aktiv in die Weiterentwicklung von CRISPR/Cas ein. Zwar spielt Deutschland in der CRISPR/Cas-Forschung – gemessen an der Anzahl von Publikationen in Fachzeitschriften – mit Rang drei im Ländervergleich eine bedeutende Rolle, bleibt jedoch mit großem Abstand hinter den USA und China zurück. Zudem treten in Deutschland Schwächen in der Translation von Forschungsergebnissen in die Anwendung zutage.

B 3-1 Die Gen-Schere CRISPR/Cas als neues Werkzeug für die Medizin

Das Erbgut hat einen maßgeblichen Einfluss auf den Aufbau und die Funktionsweise von Organismen. Demnach kann eine Veränderung des Erbguts eine Änderung des Aufbaus oder der Funktionsweise von Organismen zur Folge haben. Beim Menschen treten solche Veränderungen ganz natürlich durch Fortpflanzung und Mutation auf. Diese Veränderungen können positive oder negative Auswirkungen haben oder können folgenlos bleiben. Zu den negativen Auswirkungen gehört eine Vielzahl von Erbkrankheiten.

Ein Anwendungsbereich für CRISPR/Cas ist die Heilung solcher Erbkrankheiten durch die gezielte Veränderung des Erbguts. Bei Anwendungen am Menschen wird zwischen Anwendungen unterschieden, bei denen die dadurch ausgelöste genetische Veränderung weitervererbt wird (Keimbahntherapie,[245] vgl. Box B 3-13), und Anwendungen, bei denen die Veränderung nicht weitervererbt wird, die also nur das therapierte Individuum betreffen (somatische Therapie).[246] CRISPR/Cas ist nicht das erste Werkzeug, das zur Gen-Editierung genutzt wird (vgl. Box B 3-2). Allerdings weist es gegenüber anderen Werkzeugen zur Gen-Editierung entscheidende Vorteile auf. So ist CRISPR/Cas deutlich einfacher anzuwenden als frühere Werkzeuge zur Gen-Editierung und bietet dabei trotzdem eine hohe Präzision und Effektivität. Eine hohe Präzision bedeutet dabei, dass sich Bestandteile des Erbguts genau schneiden lassen und unerwünschte Veränderungen des Erbguts an anderen Stellen, sogenannte Off-Target-Effekte, besser adressiert werden können. Darüber hinaus lässt sich mit CRISPR/Cas leichter eine hohe Effektivität erreichen als mit anderen Werkzeugen zur Gen-Editierung. Das bedeutet, dass sich leichter ein passendes CRISPR/Cas-Werkzeug entwickeln lässt, mit dem die beabsichtigte Veränderung des Genoms in einem großen Anteil der Zielzellen erfolgreich durchgeführt werden kann. Zusätzlich lässt sich CRISPR/Cas einfacher an neue Anwendungen anpassen, als dies bei früheren Gen-Editierungswerkzeugen der Fall war.[247]

Diese Vorteile gegenüber früheren Methoden haben dazu geführt, dass CRISPR/Cas in der Grundlagenforschung bereits breit genutzt wird. Daneben haben die Prinzipien von Open Science die weitere Verbreitung von CRISPR/Cas begünstigt (vgl. Box B 3-3). Aufgrund seiner Vorteile gegenüber früheren Methoden zur Gen-Editierung hat CRISPR/Cas das Potenzial, zu neuen Therapieansätzen beizutragen (vgl. Box B 3-2).

Um diese individuellen und zielgerichteten neuen Therapieansätze auch Patientinnen und Patienten in Deutschland zugänglich zu machen, muss die nötige Expertise für die Entwicklung und Anwendung dieser Therapien allerdings in Deutschland vorhanden sein. Dafür bedarf es der Kapazität und der Mechanismen, Forschungsergebnisse in Anwendungen zu überführen und damit auch für Unternehmen neue Wertschöpfungspotenziale zu eröffnen.[248]

B 3-2 Deutschlands Leistungsstand im internationalen Vergleich

Deutschlands Leistungsstand bei der Weiterentwicklung und Anwendung von CRISPR/Cas lässt sich durch die Betrachtung verschiedener Indikatoren ermitteln. Dazu gehören Indikatoren zu wissenschaftlichen Publikationen, Patentanmeldungen, Anzahl an Unternehmen und klinischen Studien. Im Folgenden werden insbesondere Daten betrachtet, die die Anwendung von CRISPR/Cas im Bereich Medizin und Gesundheit[249] betreffen, sowie Daten zu technischen Verbesserungen von CRISPR/Cas,[250] die der Weiterentwicklung von CRISPR/Cas allgemein dienen und deshalb keinem bestimmten Anwendungsbereich zugeordnet werden.

Box B 3-2

Entdeckung von CRISPR/Cas und Anwendungen in der medizinischen Forschung

Die ersten gezielten Veränderungen des bestehenden genetischen Materials von Organismen mit Zellkern, zu denen auch der Mensch gehört, erfolgten 1979 bei Hefen. Später wurden mit Zinkfingernukleasen und sogenannten Transcription Activator-Like Effector Nucleases (TALENs) bessere Werkzeuge zur Gen-Editierung entwickelt.

Dass CRISPR/Cas9 als einfach zu programmierendes Werkzeug zum Schneiden beliebiger DNA-Sequenzen benutzt werden kann, zeigte 2012 eine Forschungsgruppe um Jennifer Doudna und Emmanuelle Charpentier,[251] die für ihre Entdeckung 2020 den Nobelpreis für Chemie erhielten. Kurz nach der Entdeckung zeigten Forschungsgruppen um Feng Zhang und George Church, dass CRISPR/Cas9 nicht nur in Bakterien, sondern auch an tierischen Zellen funktioniert und dort genomische DNA schneiden kann.[252]

Die Entwicklung von CRISPR/Cas als Werkzeug, das Gene verändern, aus- oder anschalten kann, hat das Editieren der in Zellen vorhandenen genetischen Informationen einer größeren Gruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zugänglich gemacht. Durch CRISPR/Cas ist es nun praktisch jedem molekularbiologischen Labor möglich, in nahezu jeder beliebigen Zelle gezielt Gene zu verändern. Somit wurden Arbeitsschritte, die vorher für die meisten Forschenden unmöglich waren, zu Routineaufgaben. Neben medizinischer Grundlagenforschung wird CRISPR/Cas auch genutzt, um neue Therapien zur Heilung von Krankheiten zu entwickeln. Genetische Krankheiten werden häufig durch die Mutation eines einzelnen Gens verursacht. Weltweit sind ca. 250 Millionen Menschen von einer solchen monogenetischen Krankheit betroffen.[253] Beispiele für Krankheiten, die von einem einzelnen fehlerhaften Gen ausgelöst werden, sind die Beta-Thalassämie und die Sichelzellanämie,[254] die mit Blutarmut einhergehen, die Lebersche Kongenitale Amaurose,[255] die zur Erblindung führt, sowie die Huntington-Krankheit,[256] die mit Symptomen wie Muskelschwund und Demenz einhergeht und zu frühzeitigem Tod führt.[257] Für einige dieser Krankheiten werden Therapien auf Basis von CRISPR/Cas bereits in klinischen Studien erprobt.

Neben der Behandlung von Erbkrankheiten kann CRISPR/Cas auch für die Behandlung von Infektionskrankheiten wie etwa chronischen Erkrankungen mit dem Humanen Immundefizienzvirus (HIV) eingesetzt werden. Ziel der Therapie ist es, die Zellen des Immunsystems durch gezieltes Inaktivieren bestimmter Gene gegen den Erreger resistent zu machen.[258]

Außerdem sollen zukünftig Immunzelltherapien gegen Krebs mit CRISPR/Cas effektiver gemacht werden, indem die krebsbekämpfenden Zellen des Immunsystems so editiert werden, dass sie gegen die immunhemmende Wirkung der Tumorzellen resistent werden.[259]

Gute Position bei der Anzahl der Publikationen

Als Indikator für die Forschung im Bereich CRISPR/Cas können Publikationen herangezogen werden. Im Folgenden werden wissenschaftliche Publikationen ab Juli 2012 betrachtet, dem Zeitpunkt der bedeutenden CRISPR/Cas-Veröffentlichung durch Doudna und Charpentier.[260] Der Betrachtungszeitraum endet Ende Dezember 2019. Publikationen zu CRISPR/Cas können den Bereichen Gesundheit und Medizin, technische Verbesserungen, Landwirtschaft sowie industrielle Anwendungen zugeordnet werden.[261] Von den insgesamt 11.552 erfassten Publikationen entfallen 5.585 Publikationen auf den Bereich Gesundheit und Medizin, 4.719 Publikationen auf den Bereich technische Verbesserungen, 962 Publikationen auf den Bereich Landwirtschaft sowie 286 Publikationen auf den Bereich industrielle Anwendungen.[262] Die folgende Analyse bezieht sich auf die Bereiche Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen.

Die Anzahl der Publikationen pro Jahr ist seit 2012 stark gestiegen (vgl. Abbildung B 3-4).[263] Die höchste Anzahl an Publikationen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen weisen im Ländervergleich die USA mit

Box B 3-3

Die Bedeutung von Open Science für die CRISPR/Cas-Forschung

Seit der Entdeckung von CRISPR/Cas als Werkzeug zur Gen-Editierung im Jahr 2012 erschienen dazu über 11.000 wissenschaftliche Publikationen (bis Dezember 2019) und es wurden über 4.000 Patentfamilien angemeldet (bis Dezember 2018).[264]

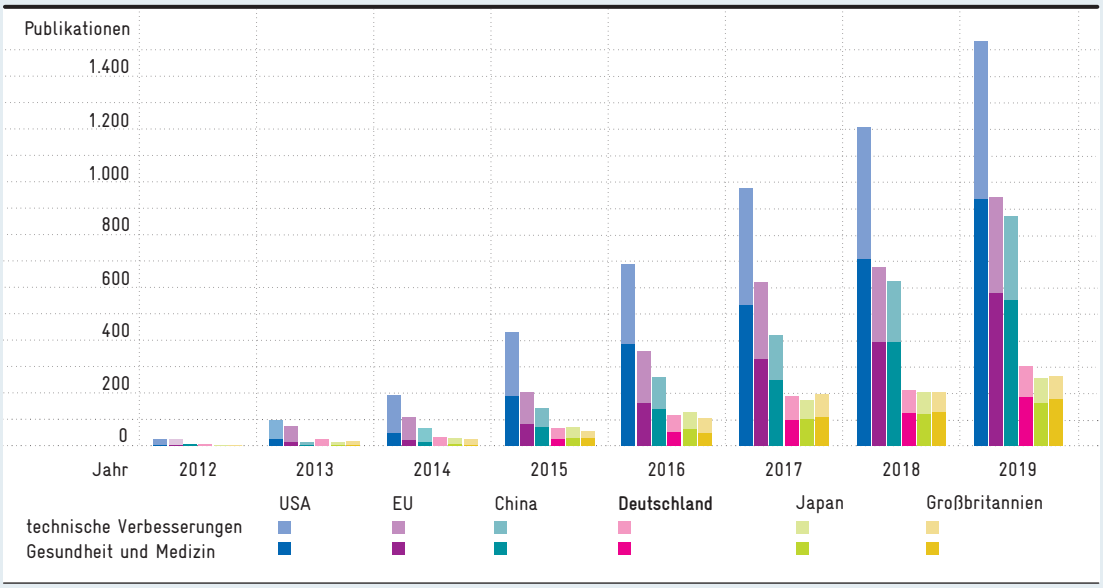
Ein wichtiger Faktor in der Verbreitung von CRISPR/Cas unter Forschenden sind Dienstleistungen wie die des gemeinnützigen Unternehmens Addgene.[265] Als Repositorium sammelt, teilt und verwahrt Addgene Plasmide (kleine DNA-Moleküle), die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern u.a. zur Forschung mit CRISPR genutzt werden können. Damit ist es Forschenden möglich, direkt auf die Arbeit anderer Forschungsgruppen aufzubauen, ohne deren Arbeitsaufwand duplizieren zu müssen. Forschende nutzen Repositorien wie Addgene zum Hinterlegen von Plasmiden, um bei Anfragen zur Bereitstellung von Plasmiden auf deren effizienten, weltweiten Zusendeprozess zurückgreifen zu können. Das spart Zeit und Geld. Zudem erhöht die Hinterlegung von Plasmiden die Sichtbarkeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, was sich in erhöhten Zitationen ihrer Publikationen niederschlagen kann.[266]

Daneben ist die rasante Entwicklung der Forschung zu CRISPR/Cas auch darauf zurückzuführen, dass das Broad Institute,[267] das die Rechte an Feng Zhangs grundlegendem CRISPR-Patent hält, die Technologie kostenfrei für wissenschaftliche Forschung lizenziert. Allerdings wird die kommerzielle Verwendung durch einen andauernden Patentstreit und die damit einhergehenden Unsicherheiten gelähmt.[268]

Abb B 3-4

Download Daten

Anzahl der CRISPR/Cas-Publikationen ausgewählter Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen Q3 2012–2019



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

5.151 Publikationen auf, gefolgt von China (2.402), Deutschland (944), Japan (877) und Großbritannien (860) (vgl. Abbildung B 3-5). Die Europäische Union (EU) weist mit 3.003 Publikationen in diesen Bereichen mehr Publikationen auf als China, aber weniger als die USA. In den letzten Jahren hat China den Abstand zur EU allerdings verringern können. Der Anteil der Publikationen von Forscherinnen und Forschern in Deutschland in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen an allen Publikationen in diesen Bereichen beträgt 9,2 Prozent.

Forschende in den betrachteten Ländern und Regionen sind sowohl im Bereich Gesundheit und Medizin als auch im Bereich technische Verbesserungen tätig. In den ersten Jahren der Forschungsarbeit nach Entdeckung von CRISPR/Cas als Werkzeug zur Gen-Editierung entfiel ein großer Anteil der Publikationen auf technische Verbesserungen. Im Zeitverlauf hat der Anteil der Publikationen im Bereich Gesundheit und Medizin in allen betrachteten Ländern und Regionen zugenommen (vgl. Abbildung B 3-4).

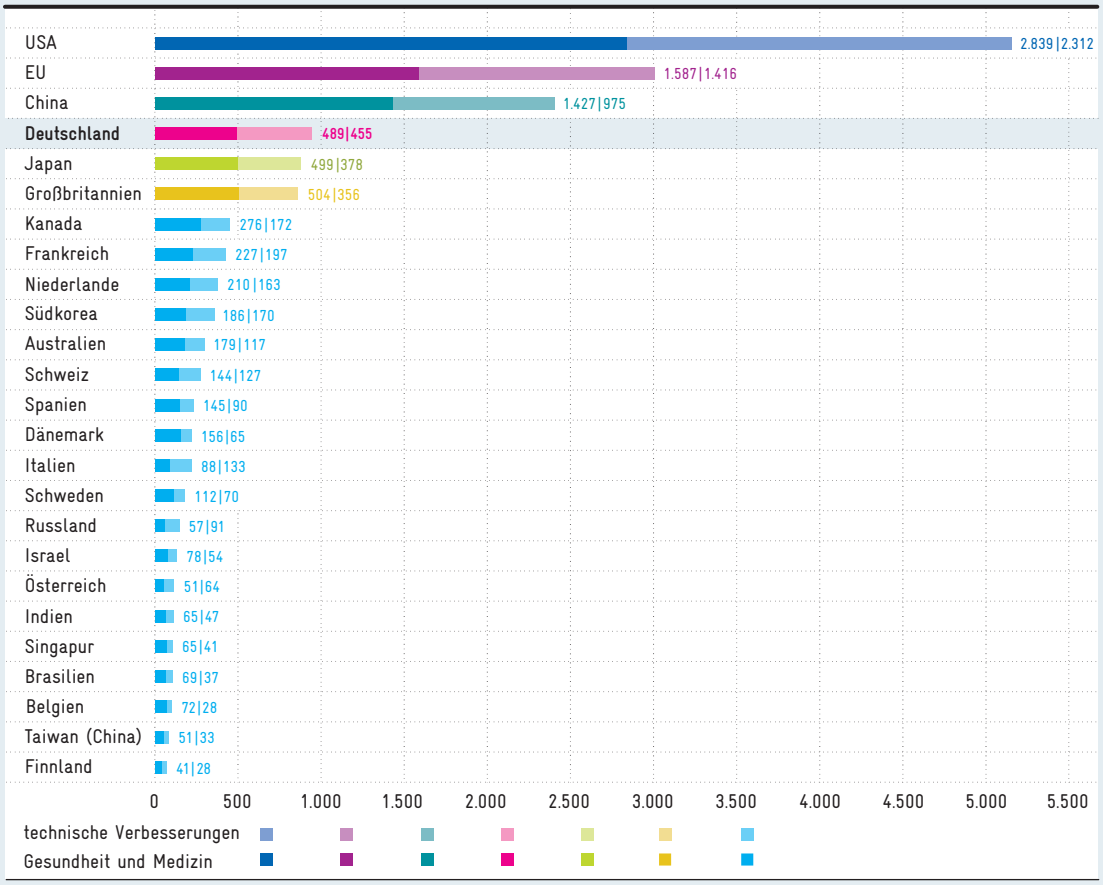
Die absolute Zahl der Publikationen in hochzitierten wissenschaftlichen Zeitschriften kann als Indikator für die Qualität der Forschungsarbeit herangezogen werden. Hier liegen die USA mit 2.283 dieser Top-Publikationen auf Rang eins, gefolgt von China (587), Großbritannien (377), Deutschland (369)[269] und Japan (219). Auf die EU insgesamt entfallen 1.146 Top-Publikationen.

Betrachtet man den Anteil der Publikationen von Forscherinnen und Forschern an deutschen Institutionen, der auf hochzitierte Zeitschriften entfällt (vgl. Abbildung B 3-6),[270] befindet sich Deutschland mit 39,1 Prozent der Publikationen nur noch im dicht

Abb B 3-5

Download Daten

Anzahl der CRISPR/Cas-Publikationen der Top-25-Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen Q3 2012–2019

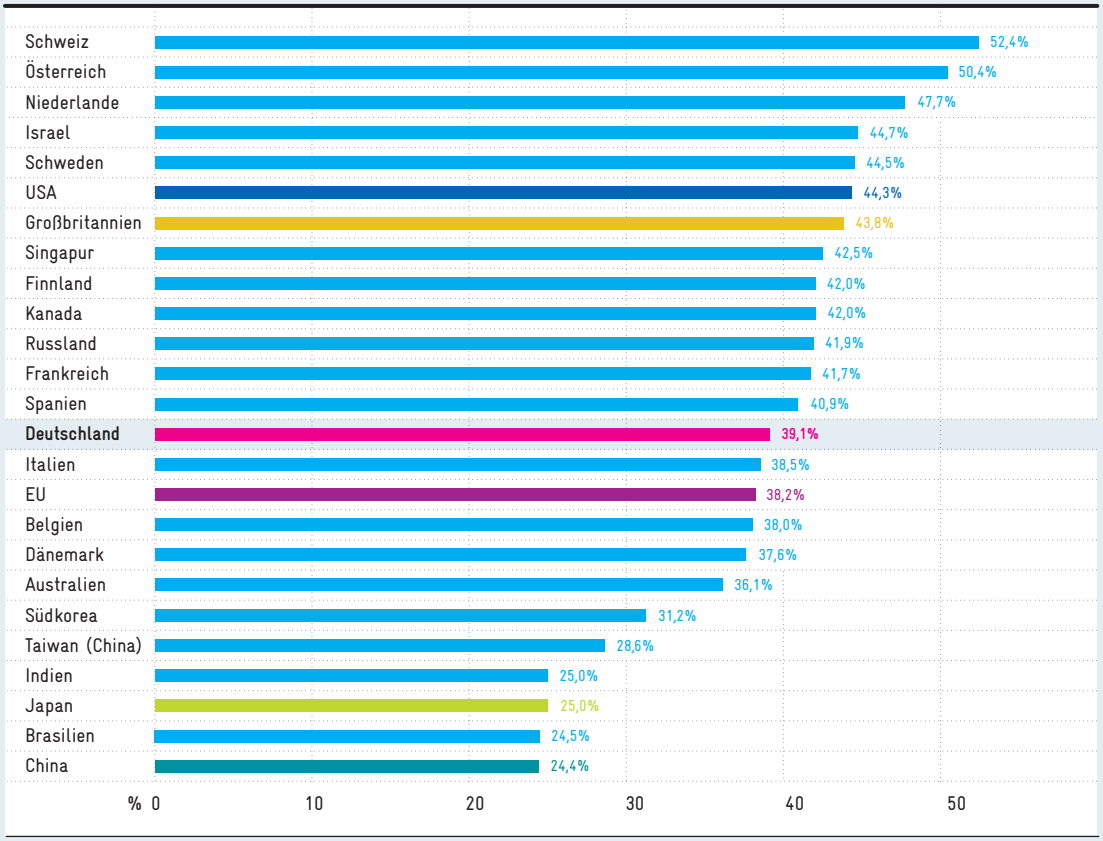


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb B 3-6

Download Daten

Anteil von Publikationen zu CRISPR/Cas der Top-25-Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen in hochzitierten Zeitschriften Q3 2012–2019



Für die Betrachtung sind die Publikationen aus den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen zusammengefasst.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

gedrängten Mittelfeld und knapp über dem EU-Durchschnitt von 38,2 Prozent. Die Schweiz, Österreich und die Niederlande weisen die größten Anteile an Publikationen in hochzitierten Zeitschriften auf. Darüber hinaus zeigt sich, dass trotz der großen Anzahl chinesischer Publikationen mit 24,4 Prozent nur ein relativ geringer Anteil in hochrangigen Zeitschriften erscheint. Auch Forscherinnen und Forscher in Japan veröffentlichen mit 25,0 Prozent der Publikationen vergleichsweise wenig in hochzitierten Zeitschriften.

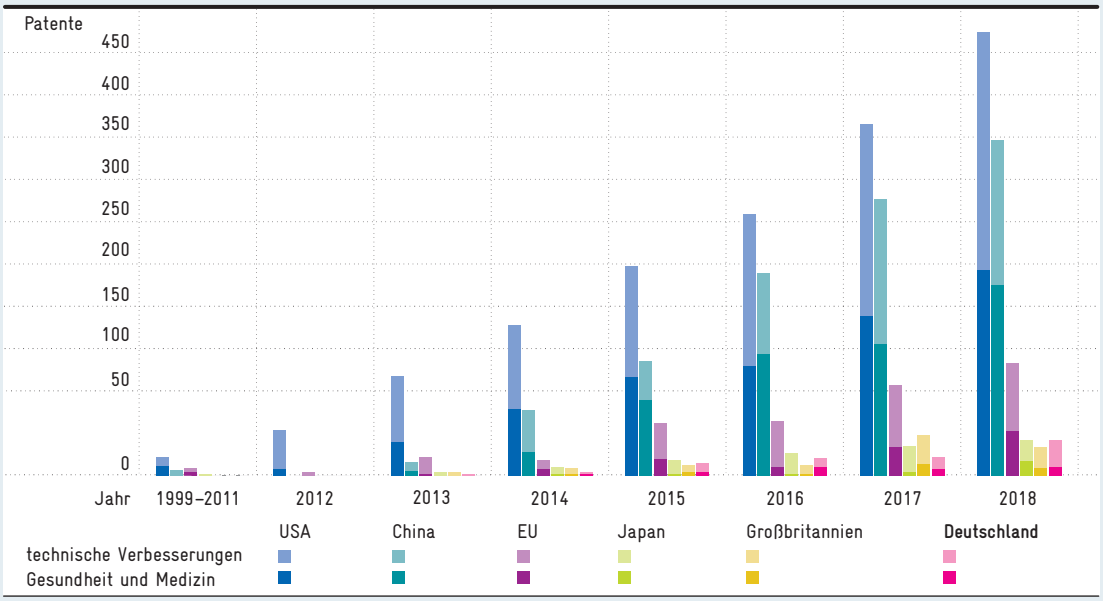
Rückstand bei Patenten

Bis Ende des Jahres 2018 wurden Patente in insgesamt 3.652 CRISPR/Cas-Patentfamilien angemeldet.[271] Davon entfielen 1.192 Patentfamilien auf den Bereich Gesundheit und Medizin, 1.800 Patentfamilien auf den Bereich technische Verbesserungen, 536 Patentfamilien auf den Bereich Landwirtschaft sowie 124 Patentfamilien auf den Bereich industrielle Anwendungen. Einige dieser Patentfamilien sind einem Jahr vor 2012, dem Jahr der ersten Publikation zu CRISPR/Cas als Werkzeug zur Gen-Editierung, zugeordnet. Dabei handelt es sich um Patente, die bereits vor der ersten wissenschaftlichen Veröffentlichung angemeldet wurden, um Patentschutz zu erhalten. Daneben werden Patentfamilien dem frühesten Jahr der in ihr enthaltenen Patente zugeordnet. Das kann dazu führen, dass CRISPR/Cas-Patentfamilien einem Jahr vor 2012 zugeordnet werden, da zu diesem Zeitpunkt wichtige Vorarbeiten patentiert wurden.

Abb B 3-7

Download
Daten

Anzahl der CRISPR/Cas-Patentfamilien ausgewählter Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen 1999–2018

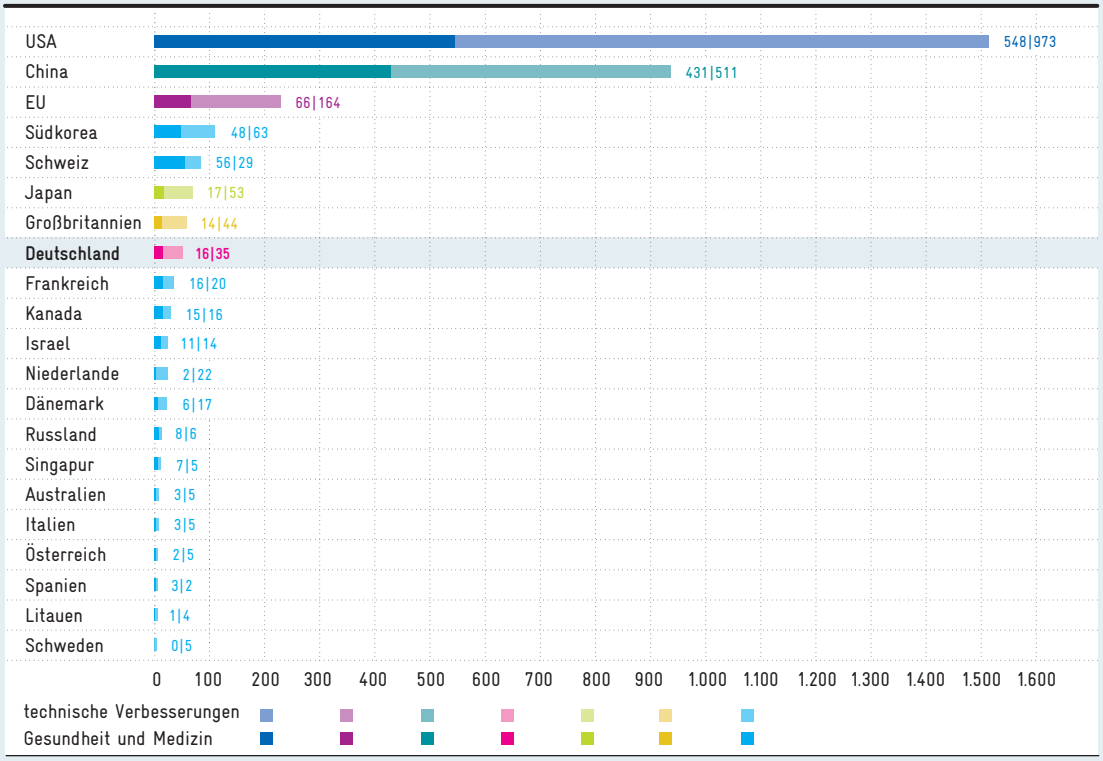


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb B 3-8

Download
Daten

Anzahl der CRISPR/Cas-Patentfamilien der Top-20-Länder und der EU in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen 1999–2018

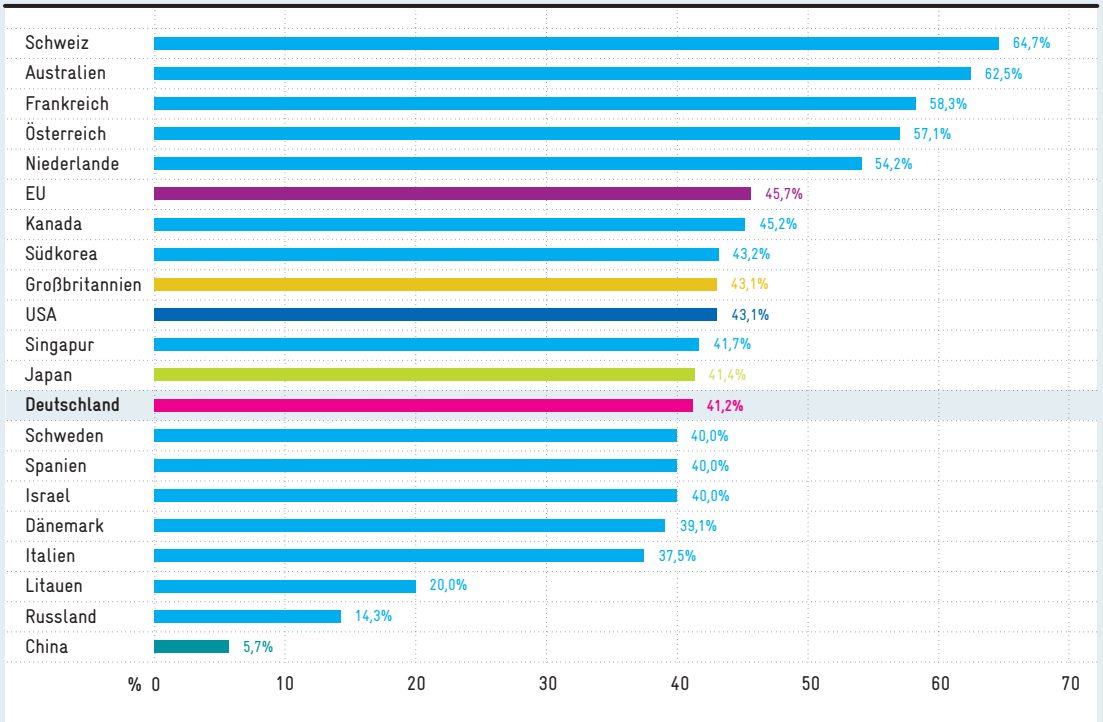


Betrachtet werden Länder mit insgesamt mindestens fünf Patentfamilien in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb B 3-9

Download Daten

Anteil von CRISPR/Cas-Patentfamilien, die in mindestens drei Jurisdiktionen angemeldet wurden, in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen für ausgewählte Länder und Regionen 1999-2018



Betrachtet werden Länder mit insgesamt mindestens fünf Patentfamilien in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen. Für die Betrachtung sind die Patentfamilien aus den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen zusammengefasst. Große CRISPR/Cas-Patentfamilien sind solche, die in mindestens drei Jurisdiktionen angemeldet sind.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Die Anzahl von CRISPR/Cas-Patentfamilien aus den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen hat in den betrachteten Ländern und Regionen nach 2012 stark zugenommen (vgl. Abbildung B 3-7).[272] Der Anteil, der auf technische Verbesserungen entfällt, ist deutlich höher als der Anteil des Bereichs Gesundheit und Medizin. Im Vergleich zu CRISPR/Cas-Publikationen fällt die EU bei CRISPR/Cas-Patentfamilien hingegen weit hinter die USA und auch China zurück.

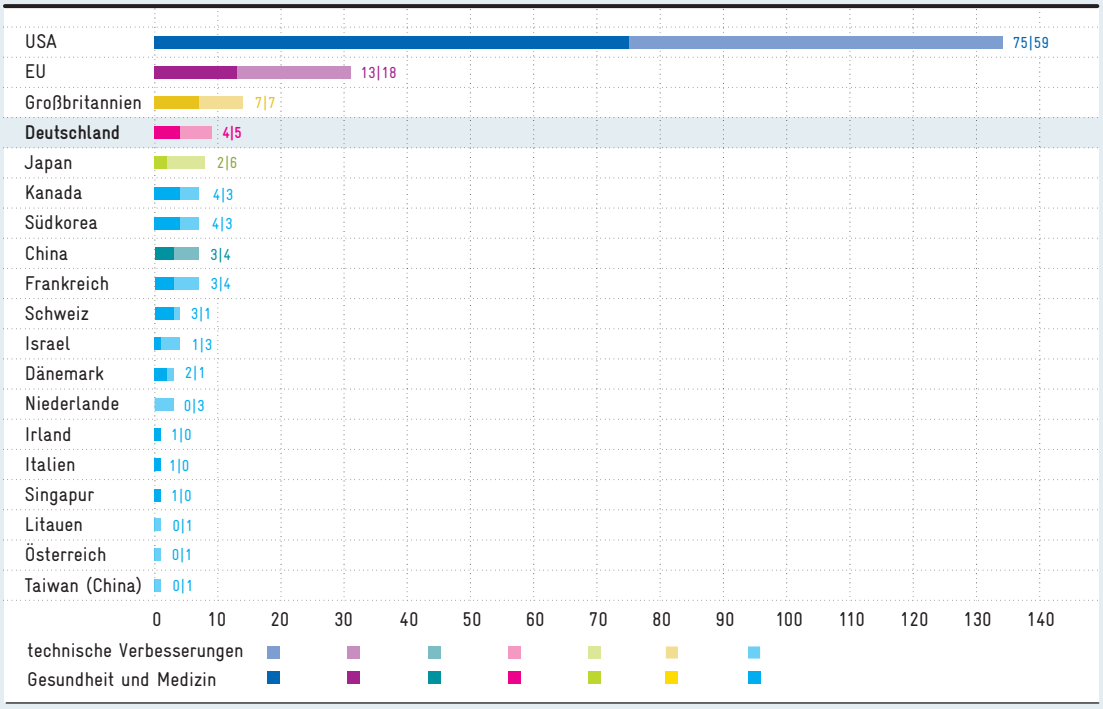
Deutschland weist bei CRISPR/Cas-Patentfamilien eine deutlich schwächere Position auf als bei CRISPR/Cas-Publikationen. Während auf Forscherinnen und Forscher in Deutschland 9,2 Prozent aller Publikationen auf die Bereiche Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen entfallen, liegt der Anteil von Patentfamilien von Erfinderinnen und Erfindern in Deutschland im Betrachtungszeitraum (1999 bis 2018) nur bei 1,7 Prozent der entsprechenden weltweiten CRISPR/Cas-Patentfamilien.[273] Darüber hinaus weisen Großbritannien, Japan, die Schweiz und Südkorea zwar weniger Publikationen auf als Deutschland,[274] die Erfinderinnen und Erfinder in diesen Ländern melden aber mehr Patente an als diejenigen in Deutschland (vgl. Abbildung B 3-8).

Als ein Maß für die Qualität von Patenten kann die Anzahl an Jurisdiktionen herangezogen werden, in denen ein Patent angemeldet wird. Von Erfinderinnen und Erfindern in der Schweiz wurden 64,7 Prozent der Patentfamilien in mindestens drei Jurisdiktionen angemeldet (vgl. Abbildung B 3-9). Damit liegt die Schweiz deutlich über dem EU-Durchschnitt mit 45,7 Prozent, Großbritannien und den USA mit jeweils 43,1 Prozent, Japan mit 41,4 Prozent und Deutschland mit 41,2 Prozent. Von Erfinderinnen und Erfindern aus China werden gar nur 5,7 Prozent der Patentfamilien in drei oder mehr Jurisdiktionen angemeldet.

Abb B 3-10

Download
Daten

Anzahl der CRISPR/Cas-Unternehmen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen für ausgewählte Länder und Regionen Q2 2020

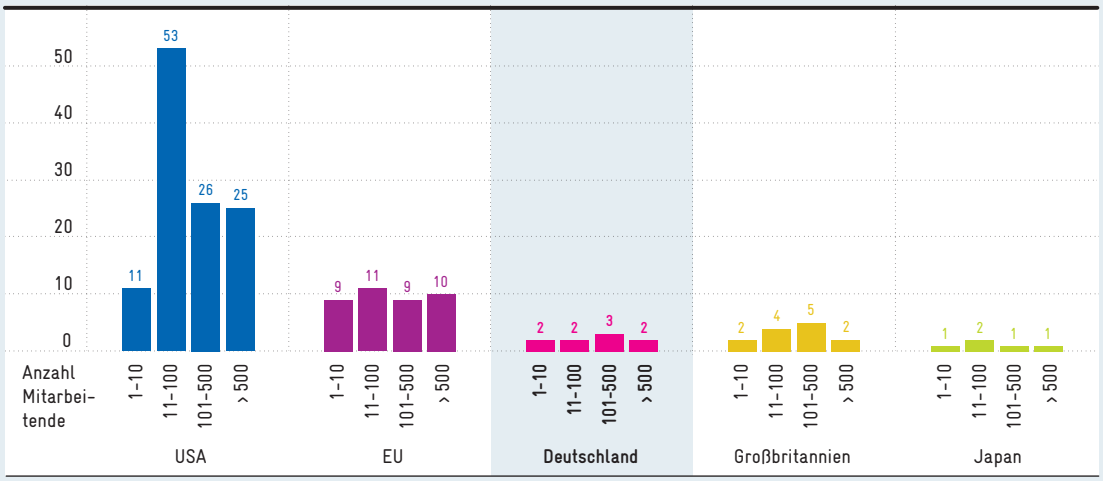


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb B 3-11

Download
Daten

Anzahl von CRISPR/Cas-Unternehmen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen nach Anzahl von Mitarbeitenden für ausgewählte Länder und Regionen Q2 2020



Für die Betrachtung sind Unternehmen aus den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen zusammengefasst.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Geringe Anzahl deutscher CRISPR/Cas-Unternehmen

Unternehmen, die CRISPR/Cas kommerzialisieren, wurden über Patentanmeldungen und Unternehmenswebseiten identifiziert.[275] Grundlage für die Analyse sind diejenigen Unternehmen, zu denen neben ihren CRISPR/Cas-Patenten auch weitergehende Informationen verfügbar sind.[276] Für das zweite Quartal 2020 können so 278 CRISPR/Cas-Unternehmen identifiziert werden, die teilweise in mehreren Bereichen aktiv sind.[277] Die meisten dieser Unternehmen sind im Bereich Gesundheit und Medizin tätig (111 Unternehmen), gefolgt von den Bereichen technische Verbesserungen (102 Unternehmen), Forschungsdienstleistungen (101 Unternehmen), Landwirtschaft (42 Unternehmen) und industrielle Anwendungen (22 Unternehmen).[278]

Die mit Abstand meisten CRISPR/Cas-Unternehmen, die den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen zugeordnet werden können, entfallen mit 134 Unternehmen auf die USA. In Großbritannien sind 14 und in Deutschland neun solcher Unternehmen ansässig (vgl. Abbildung B 3-10).

Im Ländervergleich unterscheiden sich auch die Charakteristika der Unternehmen, die mit CRISPR/Cas arbeiten. Der Anteil der Unternehmen mit über 100 Mitarbeitenden ist in Deutschland mit fünf von neun Unternehmen höher als in den USA, wo dies auf 51 von 115 Unternehmen[279] zutrifft (vgl. Abbildung B 3-11). Gleichzeitig ist der Anteil von jungen, ab 2010 gegründeten CRISPR/Cas-Unternehmen in den USA mit 77 von 124 Unternehmen deutlich höher als in Deutschland mit einem aus acht Unternehmen.[280] Trotz der geringen Beobachtungszahl für deutsche Unternehmen deutet sich an, dass die CRISPR/Cas-Technologie in den USA stärker durch junge Unternehmen kommerzialisiert wird, als das in Deutschland der Fall ist.[281]

Aufholbedarf bei klinischen Studien

Im Bereich Gesundheit und Medizin spielen klinische Studien in der Überführung von Forschungsergebnissen in die Anwendung eine entscheidende Rolle. Sie kommen u.a. zum Einsatz, um zu gewährleisten, dass Therapien und Medikamente sicher und wirksam sind.

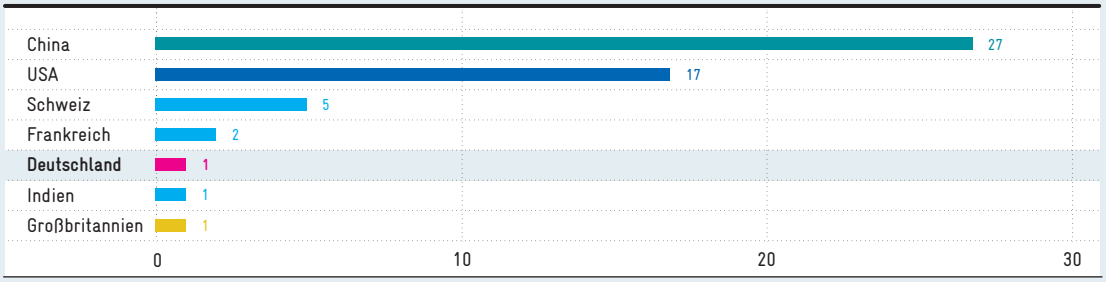
Klinische Studien, bei denen CRISPR/Cas zum Einsatz kommt, werden seit 2015 durchgeführt. Bei den meisten registrierten[282] klinischen Studien (32 von 48 Studien weltweit) haben mit CRISPR/Cas veränderte Zellen therapeutische Zwecke. In acht Studien dient CRISPR/Cas dazu, Zelllinien zu kreieren, in sechs Fällen dient es der Genomsequenzierung und in zwei Fällen handelt es sich um Übersichtsarbeiten.

Die meisten registrierten klinischen Studien werden in China (27) und den USA (17) durchgeführt (vgl. Abbildung B 3-12). In Deutschland ist nur eine klinische Studie registriert, in der CRISPR/Cas zum Einsatz kommt.[283] In der Schweiz sind fünf klinische Studien registriert, die alle auf CRISPR Therapeutics, ein von Emmanuelle Charpentier gegründetes Unternehmen, zurückgehen.

Abb B 3-12

Download Daten

Anzahl registrierter klinischer Studien unter Verwendung von CRISPR/Cas nach Ländern



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Gemischtes Bild beim Leistungsstand Deutschlands

Deutschland nimmt in der Forschung zu CRISPR/Cas in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen – gemessen an der Anzahl der Publikationen – den dritten Platz, hinter den USA und China, ein. Allerdings fällt Deutschland im internationalen Vergleich zurück, wenn Kennzahlen zur Leistungsfähigkeit in der Anwendung und Kommerzialisierung der Technologie betrachtet werden. Bei Erfindungen – gemessen an der Anzahl der Patente – liegt Deutschland hinter Südkorea, der Schweiz, Japan und Großbritannien, deren Forschende jedoch weniger Publikationen aufweisen als Forschende in Deutschland.

In Deutschland sind weniger CRISPR/Cas-Unternehmen ansässig als in Großbritannien und deutlich weniger als in den USA. Zudem zeigt sich, dass die Kommerzialisierung in Deutschland tendenziell durch größere und ältere Unternehmen erfolgt, während sie in den USA stärker durch junge Unternehmen vorangetrieben wird. Um CRISPR/Cas den Patientinnen und Patienten in Form von Therapien zugänglich zu machen, sind klinische Studien notwendig. Jedoch steht die Zahl klinischer Studien in Deutschland deutlich hinter der vergleichsweise guten Forschungsposition zurück.

Die Analyse legt nahe, dass in Deutschland noch unerschlossene Potenziale für Erfindungen zu CRISPR/Cas und deren Nutzung für Patientinnen und Patienten sowie die Kommerzialisierung durch Unternehmen vorhanden sind.

B 3-3 Rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen

Eine im Auftrag der Expertenkommission durchgeführte internationale Vergleichsstudie analysiert die Regulierung der Gen-Editierung in ausgewählten Ländern auf dem Gebiet der somatischen Gentherapie und der Keimbahntherapie mit Blick auf ihre Auswirkungen auf F&I. Verglichen werden dabei Länder, die auf den Gebieten der Gentechnik sowie der Gen-Editierung eine weltweit führende Rolle einnehmen.[284] Diese Länder stehen insbesondere in der Grundlagenforschung und der präklinischen Forschung sowie im Bereich der Herstellung von Arzneimitteln für neuartige Therapien,[285] zu denen auch Gentherapeutika[286] gehören, in intensivem Wettbewerb zueinander. Regulatorische Rahmenbedingungen spielen für F&I-Aktivitäten eine wesentliche Rolle und können die Wettbewerbsfähigkeit daher entweder positiv oder negativ beeinflussen.[287]

Im folgenden Abschnitt wird zunächst der Rechtsrahmen in der medizinischen Grundlagenforschung und der präklinischen Forschung in Deutschland dargestellt. Es folgt eine Betrachtung der regulatorischen Rahmenbedingungen und deren Auslegung im Hinblick auf die klinische Prüfung von Therapeutika für somatische Gentherapien.[288] Daran anschließend werden die außerrechtlichen, insbesondere finanziellen und institutionellen Rahmenbedingungen für klinische Studien im Bereich der medizinischen Biotechnologie thematisiert.

Komplexe Antragsverfahren in der Forschung

Medizinische Grundlagenforschung und präklinische Forschung sind Voraussetzung dafür, die Wirkung medizinischer Prozesse verstehen und neue Arzneimittel entwickeln zu können.

Die medizinische Grundlagenforschung und die präklinische Forschung zur somatischen Gentherapie werden in Deutschland im Wesentlichen durch das Gentechnikgesetz (GenTG) reguliert.[289] Labore bzw. gentechnische Anlagen, in denen medizinische Forschungsarbeiten mit genetisch veränderten Organismen (GVO) durchgeführt werden, müssen von Forschenden bei den zuständigen landesspezifischen Behörden angezeigt oder angemeldet und genehmigt werden.[290]

Um die Sicherheit in der medizinischen Grundlagenforschung und der präklinischen Forschung mit GVO zu gewährleisten, sind die Anzeige-, Anmelde- und Genehmigungsverfahren mit hohen inhaltlichen Anforderungen verbunden. Einige Forschende in Deutschland beklagen jedoch im Hinblick auf die Verfahren, dass diese trotz jahrzehntelanger Erfahrungen und der Möglichkeiten der Digitalisierung zu einem bürokratischen Aufwand führen, der in keinem Verhältnis zum Risiko steht.[291] Darüber hinaus scheint der Vollzug des Gentechnikrechts in Deutschland, wohl abhängig vom jeweiligen Bundesland, zuletzt eher wieder restriktiver geworden zu sein. Hinzu kommt eine bundesweit nicht immer einheitliche Praxis des Gesetzesvollzugs im Gentechnikrecht.[292]

Die angeführten bürokratischen und regulatorischen Hürden betreffen nicht nur die somatische Gentherapie, sondern die gesamte medizinische Grundlagenforschung und die präklinische Forschung. Am stärksten wirkt sich aus Sicht der Wissenschaft die tierschutzrechtliche Regulierung nachteilig auf Forschung und Entwicklung aus. Viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beklagen eine Überregulierung und sehen sich dadurch in ihrer Forschung erheblich beeinträchtigt. Dies führt letztendlich dazu, dass der Standort Deutschland für medizinische Grundlagenforschung und präklinische Forschung an Attraktivität verliert.

Um den administrativen Aufwand für Forschende zu reduzieren, könnten gentechnische Arbeiten mit bestimmten Typen von gentechnisch veränderten Mikroorganismen von Regelungen des GenTG per Rechtsverordnung ganz oder teilweise ausgenommen und Antragsverfahren gebündelt werden. Zur Verbesserung der Rahmenbedingungen in der Grundlagenforschung und der präklinischen Forschung könnte auch eine bundeseinheitliche Harmonisierung der Anforderungen der landesspezifischen Behörden angestrebt werden.[293]

Hohe administrative Hürden für klinische Studien

Um die Sicherheit und Wirksamkeit von Therapeutika zu gewährleisten und Forschungsergebnisse in die Anwendung zu bringen, bedarf es klinischer Studien. Diese sind in Deutschland für jegliche Arten von Therapeutika, d. h. auch für Therapeutika zur somatischen Gentherapie, genehmigungspflichtig und durch das Arzneimittel- sowie das (Bio-)Medizinrecht reguliert. Sowohl das Arzneimittel- als auch das (Bio-)Medizinrecht sind dabei in erheblichem Maß durch Gesetze auf Ebene der Europäischen Union determiniert.[294]

Die Regulierung klinischer Studien erfolgt in Deutschland – ebenso wie in Frankreich, Großbritannien und der Schweiz – auf Grundlage einer doppelten Präventivkontrolle.[295] So bedarf es für die Durchführung klinischer Studien in Deutschland zum einen einer vorherigen behördlichen Genehmigung des Paul-Ehrlich-Instituts (PEI), durch die die Sicherheit der klinischen Studie bescheinigt wird. Zum anderen ist die zustimmende Bewertung der zuständigen institutsinternen Ethikkommission erforderlich, die die ethische Vertretbarkeit der Risiken der klinischen Studie bestätigt. Im Folgenden werden zunächst die Anforderungen der Genehmigungsverfahren beim PEI und den Ethikkommissionen betrachtet. Daran anschließend werden die Verfahrensfristen thematisiert.

Um eine Genehmigung für eine klinische Studie zu erhalten, müssen Forschende einen entsprechenden Antrag beim PEI stellen. Die einzureichenden Unterlagen umfassen u.a. Angaben zum Gegenstand und den Zielen der klinischen Prüfungen, den Prüfplan sowie Ergebnisse präklinischer Studien. Darüber hinaus ist für die im Rahmen der klinischen Studien verwendeten Prüfpräparate eine behördliche Herstellungserlaubnis erforderlich. Diese ist durch die Einhaltung der guten Herstellungspraxis (Good Manufacturing Practice, GMP) zu belegen und wird von der zuständigen Landesbehörde erteilt.[296]

Die konkrete Anwendung der Einhaltung des europäischen GMP-Standards für die Erteilung der Herstellungserlaubnis von Prüfpräparaten wird innerhalb der EU-Mitgliedstaaten teilweise unterschiedlich interpretiert.[297] In Deutschland erfolgen Umsetzung und Auslegung der Vorschriften nach Einschätzung von Forschenden strenger als in anderen Mitgliedstaaten der EU. So reicht in Großbritannien, das zum Zeitpunkt der Untersuchung zwar schon nicht mehr Mitglied der EU war, für das das Unionsrecht aber einstweilen weiterhin galt, die Einhaltung eines Prä-GMP-Standards für die Erteilung der Herstellungserlaubnis.[298] Im Gegensatz dazu müssen Prüfpräparate in Deutschland bereits von Anfang an uneingeschränkt dem GMP-Standard entsprechen.[299]

Voraussetzung für eine Zustimmung der zuständigen Ethikkommission zur Durchführung klinischer Studien ist die positive Beurteilung der eingereichten Unterlagen. Diese umfassen u.a. eine Bewertung der vorhersehbaren Risiken und Nachteile der klinischen Studien sowie die Abwägung mit dem voraussichtlichen Nutzen für die Patientin bzw. den Patienten.[300] Allerdings erfolgt die Bewertung bisher nicht auf Grundlage bundeseinheitlicher Kriterien, sondern liegt im Ermessensspielraum der jeweils zuständigen Ethikkommission. Gleiches gilt für multizentrische klinische Studien,[301] bei denen die Ethikkommission am Ort der Projektleiterin bzw. des Projektleiters die ethische Vertretbarkeit der klinischen Studie beurteilt. Dies führt letztendlich dazu, dass es zu unterschiedlichen Einschätzungen bezüglich der ethischen Vertretbarkeit klinischer Studien durch die Ethikkommissionen kommen kann.

Box B 3-13

Regulierung der Embryonenforschung und der Keimbahntherapie

Die Embryonenforschung, d.h. die Forschung an Embryonen zum Zweck des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns, ist – außer in Deutschland – in allen im Rahmen der internationalen Vergleichsstudie betrachteten Ländern unter gewissen, in der Regel sehr strengen, Voraussetzungen erlaubt. So dürfen in den betrachteten Ländern überzählige, durch künstliche Befruchtung hergestellte sogenannte In-Vitro-Fertilisations-Embryonen für hochrangige Forschungszwecke verwendet und bis maximal zum 14. Tag ihrer Entwicklung kultiviert werden. In Großbritannien dürfen darüber hinaus auch eigens zu Forschungszwecken erzeugte Embryonen für die Forschung verwendet werden.[302]

Die Keimbahntherapie, also die genetische Veränderung von Embryonen zu therapeutischen Zwecken, hingegen ist praktisch in allen Ländern verboten. Der Deutsche Ethikrat vertritt in seiner 2019 veröffentlichten Stellungnahme zu Eingriffen in die menschliche Keimbahn die Position, dass sich aus der ethischen Analyse zwar keine kategorische Unantastbarkeit der menschlichen Keimbahn ergibt.[303] Gleichzeitig beurteilt er Keimbahneingriffe derzeit wegen ihrer unabsehbaren Risiken aber als ethisch unverantwortlich und fordert, u.a. im Einklang mit der WHO, ein weltweites Anwendungsmoratorium.[304] Um eine bessere Informationsbasis zu schaffen und die Bewusstseinsbildung zum Thema Keimbahntherapie im Speziellen und Gen-Editierung im Allgemeinen zu stärken, empfiehlt der Deutsche Ethikrat darüber hinaus einen breiten gesellschaftlichen Diskurs.[305]

Darüber hinaus unterscheiden sich Genehmigungsverfahren in ihrer Ausgestaltung in den untersuchten Ländern voneinander. Während klinische Studien in Deutschland einer behördlichen Genehmigung bedürfen, müssen sie in Japan lediglich bei der Behörde für Arzneimittel und Medizinprodukte angemeldet werden.[306] Im Gegensatz zu Deutschland, wo sich die Verfahrensfristen für die Genehmigung und Freigabe klinischer Studien auf 90 Tage belaufen, gilt in Japan und den USA die Genehmigung nach Ablauf einer 30-tägigen Frist als erteilt.[307]

In den letzten Jahren ist auf dem Gebiet der Arzneimittel für neuartige Therapien eine hohe Zunahme der FuE-Aktivitäten zu beobachten.[308] Angesichts dieser Entwicklung ist davon auszugehen, dass es in naher Zukunft neben einem Anstieg an informalen Beratungsanfragen auch zu einer erheblichen Erhöhung der formalen Genehmigungsverfahren kommen wird.[309]

Neben den hohen administrativen Anforderungen sehen sich Forschende in Deutschland bei der Genehmigung klinischer Studien mit einer strengen Auslegung der rechtlichen Regelungen, u.a. im Hinblick auf eine Herstellungserlaubnis, konfrontiert. Darüber hinaus müssen Antragstellerinnen und Antragsteller mit mehreren Behörden auf Bundes- und Landesebene in Kontakt treten. Insbesondere bei multizentrischen Studien können bundeslandspezifische, inhaltlich voneinander abweichende Vertragsmuster vorliegen, die unter Umständen zu erheblichen Verzögerungen bei den Genehmigungsverfahren führen. Außerdem findet durch die lokale Ansiedlung der Ethikkommissionen an Universitäten und Forschungseinrichtungen keine Bewertung nach einheitlichen Maßstäben statt.

Eine Vereinfachung des Genehmigungsverfahrens,[310] eine bundesweite Harmonisierung der Verträge für multizentrische Studien sowie eine weniger restriktive Auslegung der Regulierung könnten dazu beitragen, die Position Deutschlands bei klinischen Studien im internationalen Wettbewerb zu verbessern. Um auch in Zukunft alle Genehmigungsverfahren fristgerecht bearbeiten zu können, sollte außerdem über eine Ausweitung der Personalkapazitäten bei den zuständigen Genehmigungsbehörden nachgedacht werden.

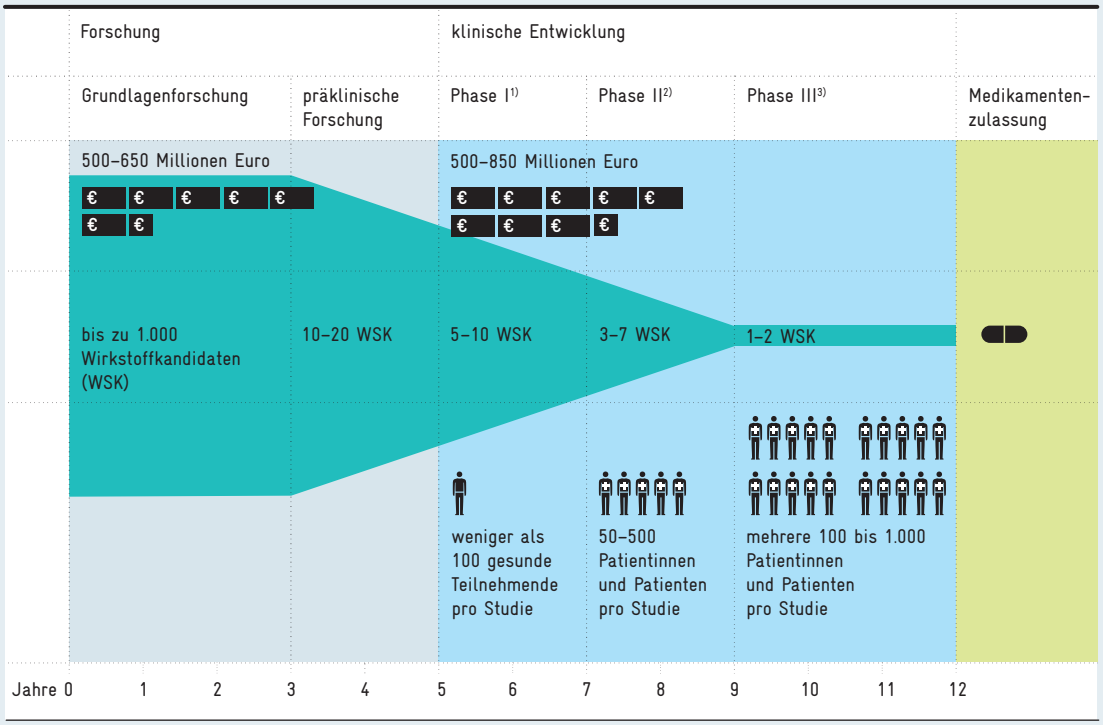
Mangelnde Finanzierung für Translation

Die Erkenntnisse aus der medizinischen Forschung schnell und effektiv Patientinnen und Patienten zukommen zu lassen, ist von hohem gesellschaftlichem und volkswirtschaftlichem Interesse. Klinische Studien spielen bei der Translation von Erkenntnissen aus der medizinischen Grundlagenforschung in die Anwendung die entscheidende Rolle und sind darüber hinaus ein Nachweis für die Innovationskraft klinischer Forschung.[311]

Abb B 3-14

Download Daten

Von der Grundlagenforschung zum Medikament



1) Phase I: Sicherheits- und Verträglichkeitstests potenzieller Wirkstoffe.
2) Phase II: Nachweis der Wirksamkeit und Tests auf Nebenwirkungen.
3) Phase III: Bestätigung der Wirksamkeit und Tests auf Wechselwirkung mit anderen Medikamenten.
Quelle: Darstellung basierend auf Schüler (2016).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Medizinische Forschung geht mit langen Entwicklungs- und Innovationszyklen einher (vgl. Abbildung B 3-14), weshalb es einer langfristigen und kontinuierlichen Finanzierung bedarf. Insbesondere die klinischen Studien sind sehr kostenintensiv. Bei klinischen Studien kann zwischen industrie-finanzierten, kommerziellen und öffentlich-finanzierten, nicht-kommerziellen Studien (Investigator-Initiated Trials) differenziert werden. Während industrie-finanzierte Studien vor allem mit einem kommerziellen Verwertungsinteresse einhergehen und die Entwicklung von Medikamenten zum Ziel haben, sind öffentlich-finanzierte Studien wissenschaftsgetrieben und beschäftigen sich häufig mit offenen komplexen Fragen der medizinischen Versorgung.[312] Eine Unterkategorie der öffentlich-finanzierten Studien bilden die sogenannten Therapieoptimierungsstudien, im Rahmen derer geprüft wird, ob ein bereits zugelassenes Medikament möglicherweise auch gegen weitere Krankheiten eingesetzt werden kann.[313] Dabei können insbesondere die aus wissenschaftsgetriebenen Studien und Therapieoptimierungsstudien gewonnenen Erkenntnisse einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Effektivität und Qualität der Patientenversorgung leisten und sind dadurch für das Patientenwohl von hoher Bedeutung.[314]

Die Finanzierung wissenschaftsgetriebener klinischer Studien und Therapieoptimierungsstudien ohne unmittelbares Verwertungsinteresse, bei denen sich die Aufwendungen häufig auf hohe zweistellige Millionenbeträge belaufen, stellt ein erhebliches Problem dar.[315] Folglich können viele grundlegende Fragen der medizinischen Versorgung, insbesondere in hoch innovativen Feldern wie der somatischen Gentherapie, nicht in klinische Studien überführt werden.[316] Höhere finanzielle und personelle Kapazitäten der Universitätskliniken und eine gestärkte Infrastruktur könnten hier Abhilfe schaffen.

Im Hinblick auf industrie-finanzierte Studien beklagen Fachleute, dass das Angebot an Wagniskapital

und anderen Finanzierungsquellen in Deutschland für klinische Studien in der medizinischen Biotechnologie sehr gering ist. Dies ist insbesondere auf die langen Investitionsphasen bei der Wirkstoffentwicklung, die mit einem hohen Risiko einhergehen, zurückzuführen.[317] So können potenzielle Wirkstoffkandidaten aus der Forschung aufgrund fehlender finanzieller Ressourcen häufig nicht bis zum Proof of Concept in Phase II, in der die Sicherheit und Wirksamkeit des Medikaments im Rahmen klinischer Studien evaluiert werden, weiterentwickelt werden. Fachleute verweisen zudem auf erhebliche Finanzierungsprobleme beim Übergang von Phase II zu Phase III, in der die neuen Medikamente an mehreren hundert Patientinnen und Patienten getestet werden (vgl. Abbildung B 3-14).

Durch das Fehlen einer durchgängigen Finanzierungskette von der öffentlichen Forschungsförderung über die Seed-Förderung bis zur Wachstumsfinanzierung wird die Translation von Forschungsergebnissen in die kommerzielle Umsetzung und Anwendung erschwert. Vor diesem Hintergrund begrüßt die Expertenkommission Initiativen wie das kürzlich angekündigte und zunächst mit 50 Millionen Euro ausgestattete Förderprogramm zur Entwicklung von Medikamenten und anderen Therapeutika gegen Covid-19, das das Ziel verfolgt, die klinische Entwicklung in den Phasen I und II zu unterstützen.

Um die Finanzierung kommerzieller klinischer Studien, insbesondere in den finalen Phasen der Wirkstoffentwicklung, zu verbessern und die Translation zu fördern, bedarf es einer Mobilisierung privaten Kapitals. Hierfür könnten entsprechende (steuerliche) Anreize für Investoren geschaffen werden. Darüber hinaus kann der von der Bundesregierung aufgelegte Zukunftsfonds zu einer Verbesserung der finanziellen Rahmenbedingungen beitragen.[318]

Neben finanziellen Rahmenbedingungen existieren weitere Katalysatoren, die der Translation zuträglich sind. So zielt beispielsweise die 2019 eingeführte Fördermaßnahme GO-Bio initial des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) darauf ab, die Identifizierung und Entwicklung von frühen Forschungsansätzen in den Lebenswissenschaften mit erkennbarem Innovationspotenzial zu unterstützen.[319] Um Forschende besser auf den Erkenntnistransfer vorzubereiten, sind in dem Programm auch ergänzende Unterstützungsmaßnahmen wie Gründergespräche integriert. Ziel des Programms ist es, die Forschungsansätze in dem Maß weiterzuentwickeln, dass eine Weiterführung in anderen Förderprogrammen wie z. B. EXIST-Forschungstransfer ermöglicht wird und die Translation von Forschungsergebnissen in die Anwendung gelingt.[320] Vielversprechend sind auch Ansätze wie Stanford ChEM-H,[321] bei denen Forscherinnen und Forscher verschiedener Disziplinen mit Fachleuten aus der klinischen Praxis kooperieren, um schnell Innovationen in der Medizin hervorzubringen.

Eine Voraussetzung für das Gelingen solcher Programme ist es, die Durchführung klinischer Studien für Ärztinnen und Ärzte attraktiv zu gestalten.[322] Dies kann u.a. durch die feste Verankerung von Forschungszeiten sowie durch geeignete Organisationsstrukturen erreicht werden. Diese sollten ein angemessenes Verhältnis zwischen Forschung und Versorgung ermöglichen und dadurch den Austausch zwischen Forschenden zulassen.[323]

Einige Fachleute sprechen sich darüber hinaus für die Schaffung eines Zentrums aus, das die Akteure aus der Forschung verschiedener Standorte miteinander vernetzt.[324] Denkbar wäre eine Institution ähnlich dem Catapult-Programm in Großbritannien. Dieses bündelt das Know-how zu Beantragungs- und Zulassungsfragen, stellt Start-ups und kleinen Gentechnik-Unternehmen Expertise zum Aufbau von Unternehmen zur Seite und ist eine zentrale Plattform für Finanzierungsbedarfe und Investitionsmöglichkeiten.[325]

Handlungsempfehlungen B 3–4

Die Gen-Schere CRISPR/Cas ist ein Werkzeug zur Gen-Editierung, das neue Impulse in der medizinischen Grundlagenforschung setzt und neue Therapieansätze für viele Krankheiten ermöglicht. Durch das zielgerichtete Verändern genetischer Informationen wird es möglich, die Ursache von Erbkrankheiten direkt zu beheben. Ein besonders großes Potenzial liegt dabei im Bereich der somatischen Gentherapie, mit der ein hoher Patientennutzen und ökonomische Wertschöpfungspotenziale einhergehen. Um die mit CRISPR/Cas verbundenen Potenziale zu heben, bedarf es weiterer großer Fortschritte sowohl in der Forschung als auch in der Translation von Forschungsergebnissen in die Anwendung. Die Expertenkommission empfiehlt daher folgende Maßnahmen:

Genehmigungsverfahren beschleunigen

- Für Vorhaben von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis zur Anwendung am Menschen in klinischen Studien müssen Genehmigungsverfahren – immer unter der Maxime der Wahrung von Sicherheit und ethischer Vertretbarkeit – so gestaltet werden, dass der administrative Aufwand für Forscherinnen und Forscher reduziert wird.
- Damit Genehmigungsverfahren auch zukünftig möglichst zügig abgeschlossen werden können, muss der Personalbestand innerhalb der Genehmigungsbehörden frühzeitig an die zu erwartende Zunahme der Genehmigungsverfahren angepasst werden.
- Zudem sollte es ermöglicht werden, miteinander verwandte Anträge und Genehmigungsverfahren zu bündeln. Darüber hinaus sollte angestrebt werden, Genehmigungsverfahren über Bundesländer hinweg zu harmonisieren.

Spitzenforschung in CRISPR/Cas stärken

- Um die Spitzenforschung im Bereich CRISPR/Cas zu stärken, sollten einige Leuchtturmprojekte an international wettbewerbsfähigen deutschen Standorten ausgebaut oder neu geschaffen werden. Bei diesen Leuchtturmprojekten sollte die Überführung der wissenschaftlichen Ergebnisse in die medizinische Anwendung einen hohen Stellenwert erhalten.

Translation von wissenschaftlichen Erkenntnissen unterstützen

- Es sollten insbesondere interdisziplinäre Kooperationen und Arbeitsgruppen initiiert und gefördert werden, die durch eine frühe Interaktion zwischen Forschung und klinischer Praxis die Translation unterstützen und Innovationen hervorbringen.
- Für die Beratung der Forschenden und für die Vernetzung mit verschiedenen Stakeholdergruppen sollte die Gründung eines Deutschen Gentherapiezentrums diskutiert werden, das die Rolle eines Kompetenzzentrums für Translation von der Grundlagenforschung und präklinischen Forschung in die klinische Anwendung einnehmen kann.
- Klinische Studien sind Voraussetzung für die Translation von Forschungsergebnissen in die Anwendung. Daher sollte die Durchführbarkeit klinischer Studien durch vorteilhaftere Rahmenbedingungen wie beispielsweise schnellere, effizientere und weniger kleinteilige Genehmigungsverfahren verbessert werden. Außerdem sollte die Attraktivität der Mitarbeit an klinischen Studien für Ärztinnen und Ärzte erhöht werden.
- Programme wie GO-Bio initial, die bereits in einer frühen Phase des FuE-Prozesses ansetzen und auf einen lückenlosen und professionalisierten Transfer von Ideen in die Anwendung abzielen, sollten fortgeführt und mit ausreichend finanziellen Mitteln ausgestattet werden.

Rahmenbedingungen für Bereitstellung von Wagniskapital verbessern

- Die langen Forschungs- und Entwicklungszyklen in der medizinischen Biotechnologie gehen mit einem enormen Finanzierungsbedarf und einem hohen Risiko einher. Die Expertenkommission mahnt erneut an, die Rahmenbedingungen für die Bereitstellung von privatem Wagnis- und Wachstumskapital zu verbessern. Sie begrüßt in diesem Zusammenhang die Einrichtung des Zukunftsfonds, der sowohl bahnbrechende Technologien, speziell im Bereich der Biotechnologie, als auch große Finanzierungsrunden für Start-ups und deren Skalierung unterstützen soll, und fordert dessen rasche Umsetzung.

Gesellschaftlichen Diskurs fördern

- Die Expertenkommission erachtet es für wichtig, die Gesellschaft regelmäßig über die mit CRISPR/Cas verbundenen Potenziale und Risiken zu informieren und den dazugehörigen gesellschaftlichen Diskurs weiterhin zu führen.

Open Science ausbauen

- Das Prinzip Open Science hat frühzeitig Wissen im Bereich CRISPR/Cas transparent und zugänglich gemacht und damit sowohl die Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse als auch deren Weiterentwicklung beschleunigt sowie die Exzellenz wissenschaftlicher Arbeit unterstützt. Die Möglichkeiten und Instrumente von Open Science entlang des Forschungsprozesses sollten daher weiterentwickelt und gefördert werden.

STRUKTUR UND TRENDS

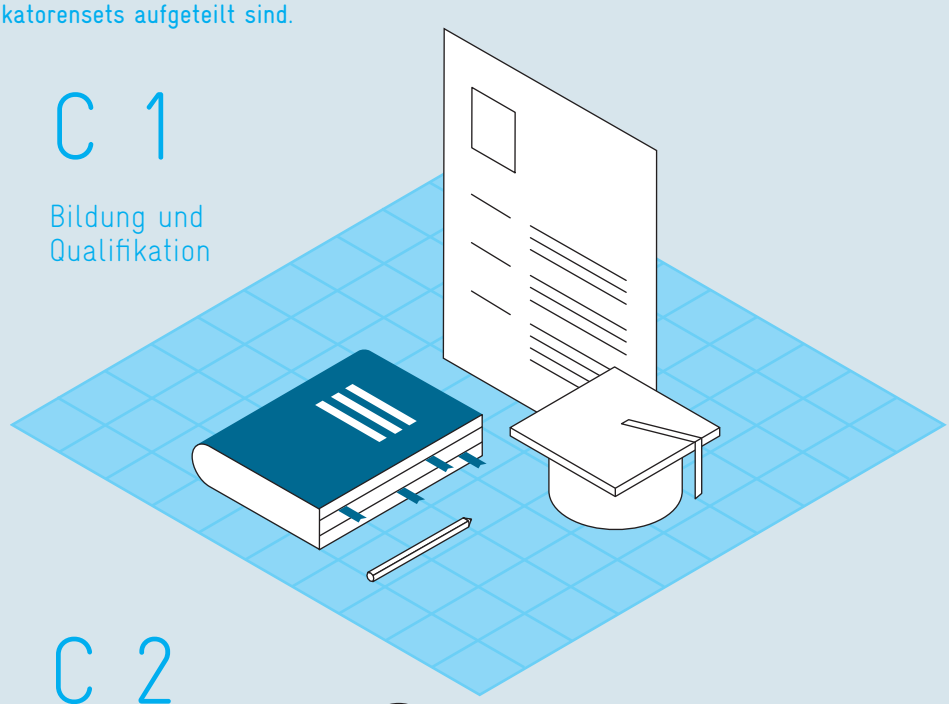
C

C Struktur und Trends

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.

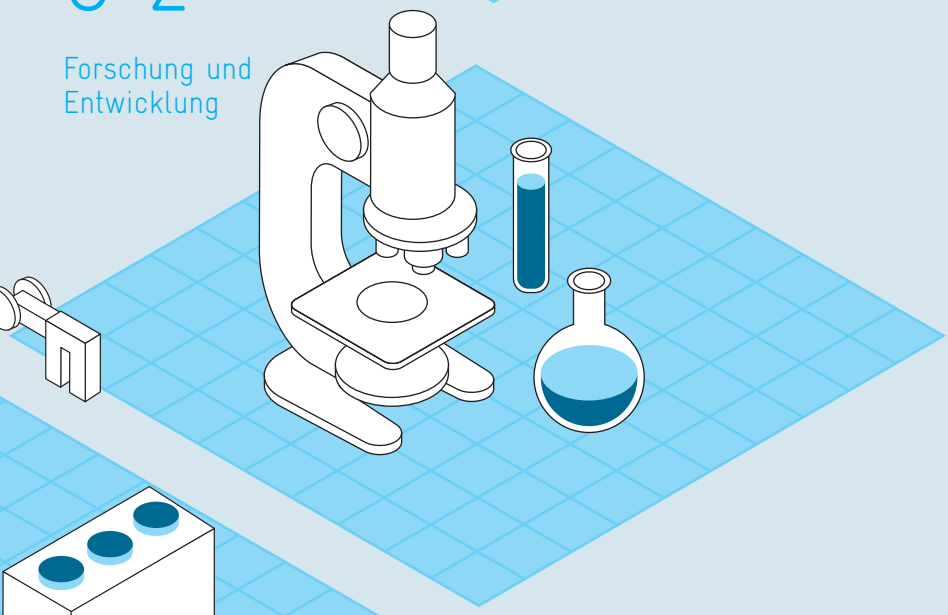
C 1

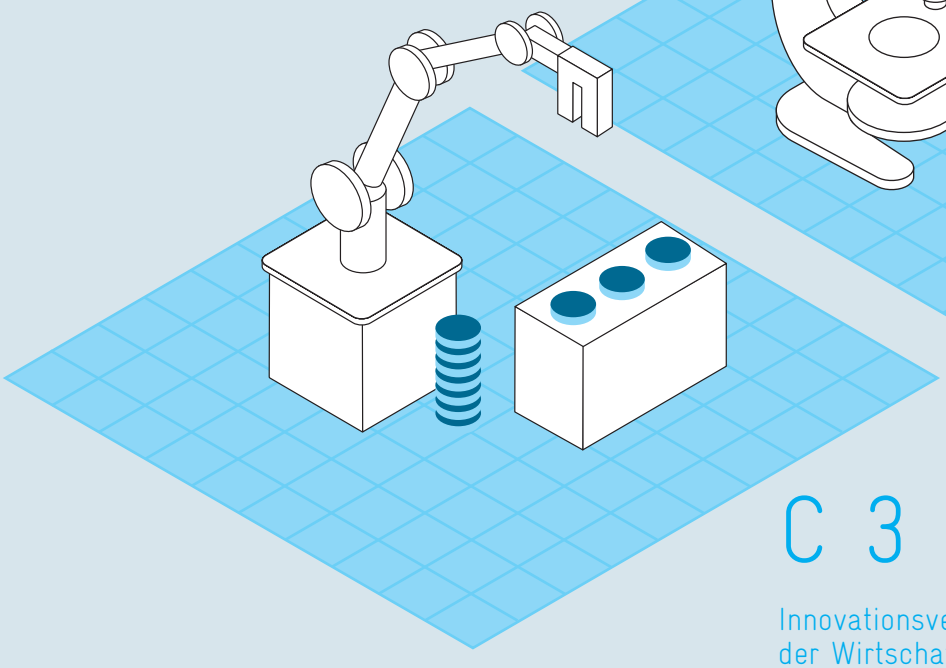
Bildung und Qualifikation



C 2

Forschung und Entwicklung





C 3

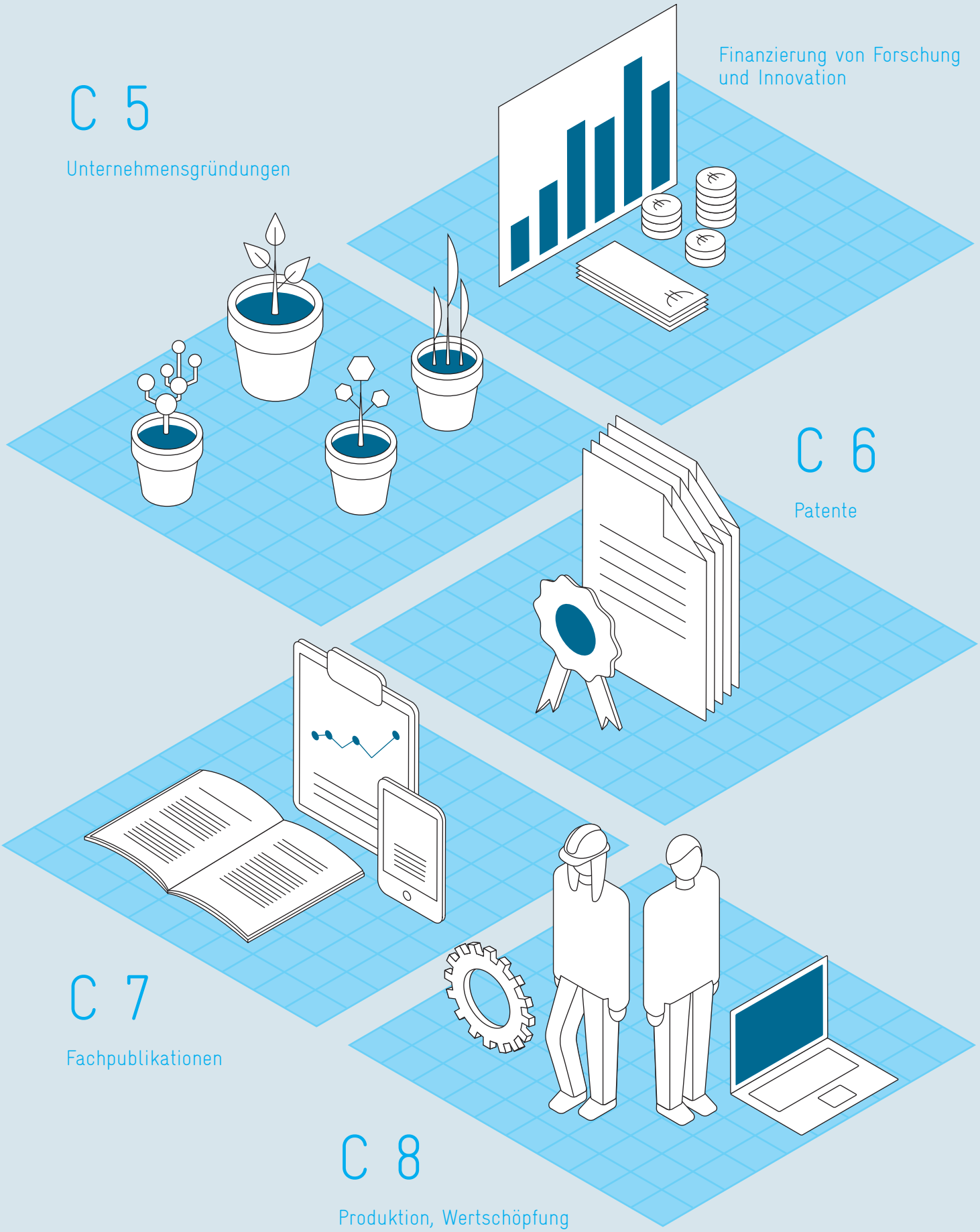
Innovationsverhalten der Wirtschaft

C 4

Finanzierung von Forschung und Innovation

C 5

Unternehmensgründungen



C 6

Patente

C 7

Fachpublikationen

C 8

Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

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.

C 1 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.

C 2 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.

C 3 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.

C 4 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.

C 5 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 Unternehmensdynamik 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.

C 6 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.

C 7 Fachpublikationen

Die stetige Generierung neuen Wissens hängt besonders von der Leistungsfähigkeit des jeweiligen Forschungs- und Wissenschaftssystems ab. Mit Hilfe 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.

C 8 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 Qualifikation[326]

Der Anteil der Erwerbstätigen mit tertiärer Qualifikation (ISCED 5+6 und ISCED 7+8) lag 2019 in Deutschland mit 32,6 Prozent deutlich unter dem der meisten Vergleichsländer (C 1-1). Auch bezogen auf höhere akademische Abschlüsse (ISCED 7+8) lag der Anteil Deutschlands mit 14,7 Prozent rund 2 Prozentpunkte unter dem Durchschnitt der betrachteten Länder. Mit 56,7 Prozent an mittleren Abschlüssen (ISCED 3** und ISCED 4), die formal den Durchgang zum tertiären Bereich ermöglichen, weist Deutschland im europäischen Vergleich dagegen den höchsten Anteil auf.

Der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der altersgleichen Bevölkerung im Alter von unter 25 Jahren (C 1-2) lag in Deutschland 2018 bei 52 Prozent und damit 2 Prozentpunkte unter dem OECD-Durchschnitt. Die bereinigte Quote für unter 25-Jährige und ohne internationale Studienanfängerinnen und -anfänger lag in Deutschland mit 45 Prozent auf demselben Niveau wie im Jahr zuvor.

Die Anzahl der Studienberechtigten ist im Jahr 2019 im Vergleich zum Vorjahr demografisch bedingt um knapp 10.000 auf 422.784 zurückgegangen. Dagegen lag die Studienberechtigtenquote, d.h. der Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters, 2019 mit 50,6 Prozent auf demselben Niveau wie 2018 (C 1-3). Gemäß der neuen Vorausberechnung der Kultusministerkonferenz wird die Studienberechtigtenquote in etwa auf diesem Niveau verbleiben und 2030 bei 50 Prozent liegen.

Die Anzahl der Bildungsinländerinnen und -inländer, also derjenigen Studierenden ohne deutsche Staatsangehörigkeit, die ihre Studienberechtigung im Inland erworben haben, ist 2019 gegenüber dem Vorjahr von 92.508 auf 91.699 leicht gesunken (C 1-4). Erneut gestiegen ist hingegen die Gesamtzahl der ausländischen Studierenden in Deutschland. 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 2019 bei 319.902 und damit um rund 6 Prozent höher als im Jahr 2018.

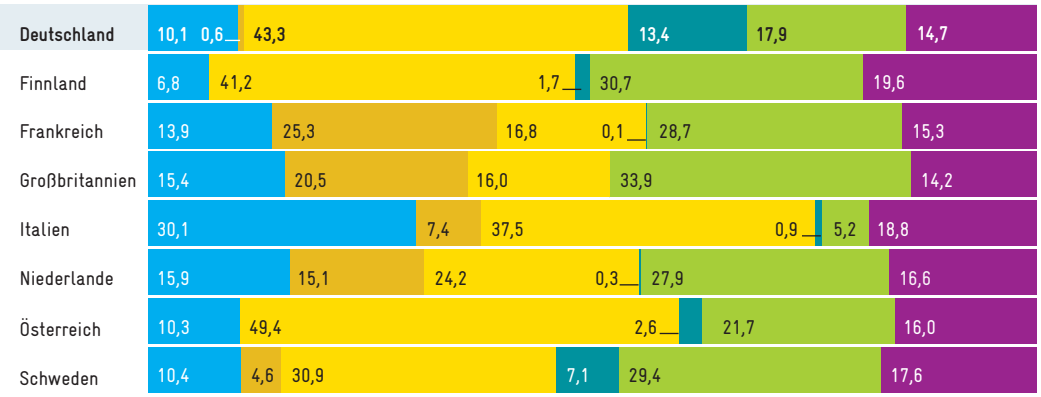
Die Zahl der Erstabsolventinnen und -absolventen (C 1-5) ist von 303.155 im Jahr 2018 auf 310.747 im Jahr 2019 gestiegen. Der Anteil der Frauen an den Erstabsolventinnen und -absolventen lag 2019 bei 53,6 Prozent und damit um 0,6 Prozentpunkte höher als 2018. Erneut leicht gesunken ist der Anteil der Erstabsolventinnen und -absolventen, die ihren Abschluss an einer Universität gemacht haben – von 53,0 Prozent auf 52,8 Prozent.

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), ist gegenüber dem Jahr 2018 leicht gestiegen und lag 2019 bei 5,0 Prozent. Die Quoten der niedrig- und mittelqualifizierten Erwerbstätigen mit einer Weiterbildungsteilnahme stiegen jeweils um 0,2 Prozentpunkte. Die Weiterbildungsbeteiligung von Betrieben erreichte im Jahr 2018 54,5 Prozent und lag damit um 1,5 Prozentpunkte höher als im Jahr zuvor.

Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten Ländern 2019 in Prozent

Abb C 1-1

Download Daten



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

Die Bildungsstufen nach ISCED gelten als Standards der UNESCO für internationale Vergleiche der länderspezifischen Bildungssysteme.
Quelle: Eurostat, Europäische Arbeitskräfteerhebung. Berechnung des CWS in Gehrke et al. (2021).
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der altersgleichen Bevölkerung im Alter von unter 25 Jahren in ausgewählten Ländern 2013–2018 in Prozent

Tab C 1-2

Download Daten

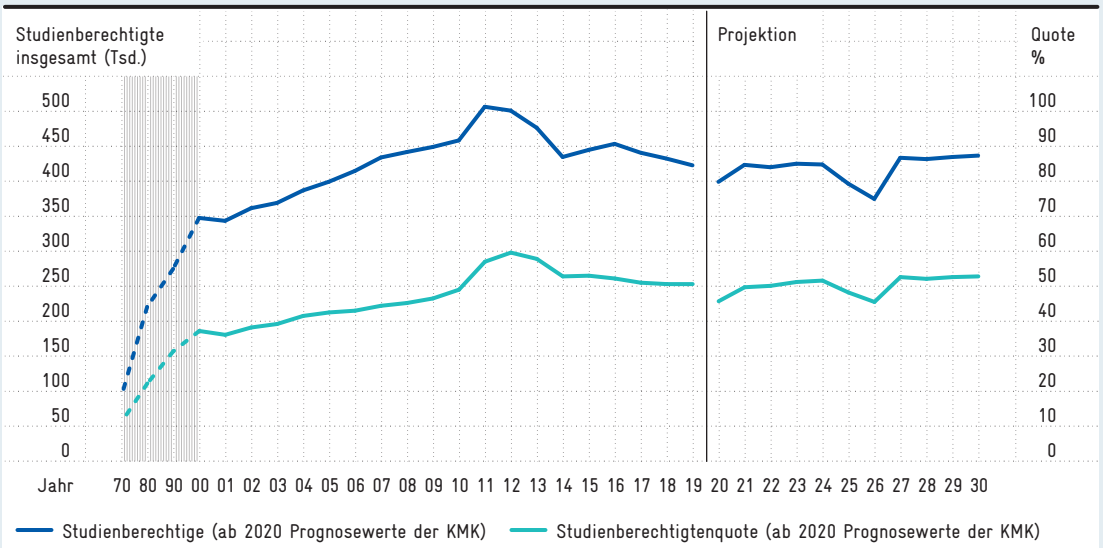
Länder	2013[1)]	2014[1)]	2015[1)]	2016[1)]	2017[1)]	2018[1)]	2013[2)]	2014[2)]	2015[2)]	2016[2)]	2017[2)]	2018[2)]
Belgien	64	64	66	69	73	68	54	57	59	62	67	62
Deutschland	**51**	**54**	**53**	**51**	**52**	**52**	**46**	**48**	**46**	**45**	**45**	**45**
Finnland	45	44	46	46	47	47	41	40	42	42	43	43
Großbritannien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

Studienanfängerquote: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger im Alter von unter 25 Jahren, die erstmals ein Studium im Tertiärbereich aufnehmen, an der Bevölkerung des entsprechenden Alters.
[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 2018 Umstellung der Berechnung: Es werden nur noch die Ersteintritte in den Tertiärbereich (Stufen 5 bis 7) berücksichtigt; zuvor gab es teilweise Doppelzählungen.
Quellen: OECD (Hrsg.): Bildung auf einen Blick 2020 sowie Datenbank OECD.stats in Gehrke et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 1-3

Download Daten

Studienberechtigte in Deutschland 1970–2030

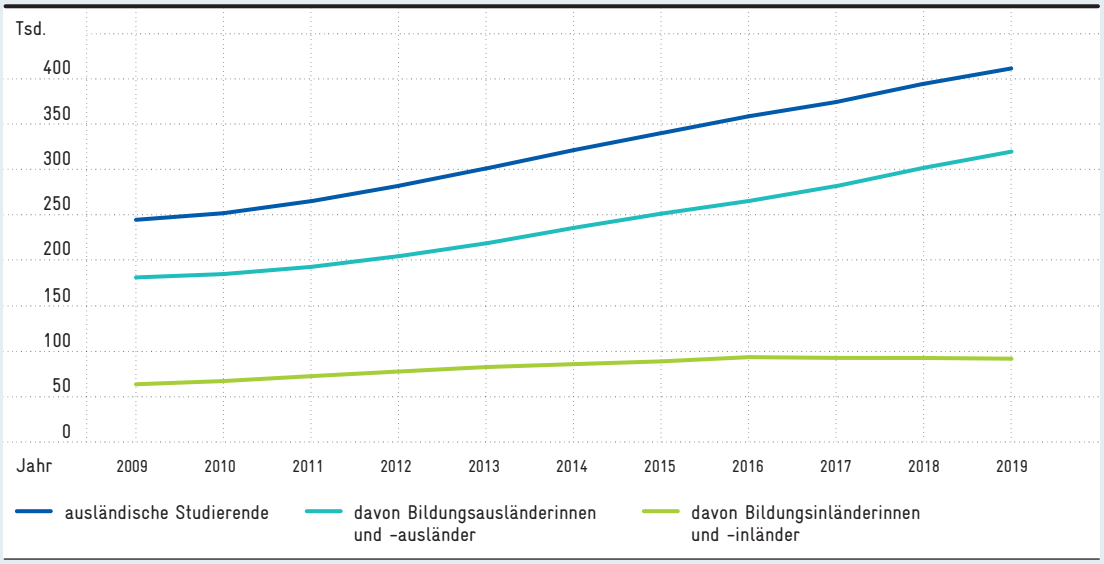


Studienberechtigte: Studienberechtigte sind diejenigen Schulabgängerinnen und -abgänger, die eine allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife bzw. eine Fachhochschulreife erworben haben.
Studienberechtigtenquote: Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters.
Quelle Istwerte: Statistisches Bundesamt in Gehrke et al. (2021).
Quelle Prognosewerte: Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz (KMK) in Gehrke et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 1-4

Download Daten

Anzahl ausländischer Studierender an deutschen Hochschulen 2009–2019[1)]



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 Gehrke et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Tab C 1-5

Download Daten

Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote 2015–2019

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

Erstabsolventinnen und -absolventen und Fächerstrukturquote: Die Fächerstrukturquote gibt den Anteil von Erstabsolventinnen und -absolventen an, die ihr Studium innerhalb eines bestimmten Faches bzw. einer Fächergruppe absolviert haben. Erstabsolventinnen und -absolventen sind Personen, die ein Erststudium erfolgreich abgeschlossen haben.
Quelle: Statistisches Bundesamt sowie Recherche des DZHW-ICE in Gehrke et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Tab C 1-6

Download
Daten

Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben 2009–2019 in Prozent

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
a) individuelle Weiterbildungsquote	**5,0**	**4,9**	**4,9**	**5,1**	**4,9**	**4,8**	**4,9**	**5,2**	**5,0**	**4,9**	**5,0**
Erwerbstätige nach Qualifikationsniveau	**5,8**	**5,6**	**5,6**	**5,9**	**5,6**	**5,5**	**5,5**	**5,8**	**5,4**	**5,3**	**5,4**
niedrig (ISCED 0-2)	1,4	1,3	1,0	1,4	1,4	1,3	1,2	1,5	1,5	1,3	1,5
mittel (ISCED 3-4)	4,2	3,9	3,9	4,1	3,9	4,2	4,3	4,5	4,2	4,0	4,2
hoch (ISCED 5-8)	10,6	10,5	10,3	10,6	10,1	9,4	9,3	9,7	8,9	8,9	8,9
Erwerbslose nach Qualifikationsniveau	**4,3**	**3,9**	**4,6**	**3,8**	**3,6**	**3,7**	**3,7**	**4,2**	**5,3**	**5,1**	**4,5**
niedrig (ISCED 0-2)	2,7	3,5	3,6	3,1	2,9	2,8	2,6	3,3	5,1	4,9	3,3
mittel (ISCED 3-4)	4,0	3,2	4,0	3,6	3,4	3,3	3,4	3,6	4,3	4,2	3,0
hoch (ISCED 5-8)	8,4	8,3	10,0	6,6	5,4	6,4	6,3	7,2	8,6	7,7	9,8
Nichterwerbspersonen nach Qualifikationsniveau	**1,9**	**2,0**	**1,9**	**1,6**	**1,8**	**1,8**	**2,0**	**2,4**	**3,2**	**2,9**	**2,7**
niedrig (ISCED 0-2)	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,7	2,5	4,0	3,8	3,4
mittel (ISCED 3-4)	1,5	1,8	1,9	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	2,2	2,0	2,0
hoch (ISCED 5-8)	3,4	3,6	2,7	2,8	3,5	3,4	3,7	4,4	4,9	4,2	3,9
b) betriebliche Weiterbildungsbeteiligung*	**44,6**	**44,1**	**52,6**	**53,1**	**52,1**	**53,6**	**52,8**	**53,2**	**53,0**	**54,5**	**-**
nach Branchen											
wissensintensives produzierendes Gewerbe	52,6	55,9	62,9	65,5	66,7	69,9	70,6	64,0	65,0	63,0	-
nicht-wissensintensives produzierendes Gewerbe	32,5	33,3	41,2	43,2	41,8	43,0	44,5	46,3	45,5	46,0	-
wissensintensive Dienstleistungen	58,7	57,1	68,7	67,2	67,4	67,0	67,5	69,2	66,1	69,1	-
nicht-wissensintensive Dienstleistungen	38,0	37,5	44,9	45,3	44,3	46,0	43,8	43,7	45,2	46,8	-
nicht-gewerbliche Wirtschaft	51,9	51,2	59,0	60,3	58,4	61,9	60,1	59,3	59,3	60,0	-
nach Betriebsgrößen											
< 50 Beschäftigte	42,5	41,8	50,5	50,9	49,8	51,4	50,5	50,8	50,6	51,9	-
50–249 Beschäftigte	81,3	83,3	90,8	89,7	90,1	90,8	89,3	89,5	89,0	92,0	-
250–499 Beschäftigte	92,0	93,3	95,9	96,5	97,0	96,9	96,8	96,4	96,0	97,2	-
≥ 500 Beschäftigte	96,0	97,9	98,4	97,8	99,1	99,1	97,1	97,9	97,2	97,9	-

Individuelle Weiterbildungsquote: Teilnahme an einer Weiterbildung 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.
* Die Daten für die betriebliche Weiterbildungsbeteiligung im Jahr 2019 lagen zum Redaktionsschluss noch nicht vor.
Quelle a): Europäische Arbeitskräfteerhebung (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Gehrke et al. (2021). 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 Gehrke et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Forschung und Entwicklung[327] C 2

Statistiken zu Ausgaben für 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, erreichte im Jahr 2019 mit 3,17 Prozent einen höheren Wert als im Jahr zuvor mit 3,13 Prozent. Damit setzt Deutschland den Trend einer zunehmenden FuE-Intensität fort. Die mit Abstand höchste FuE-Intensität aller Vergleichsländer erreichte Südkorea mit 4,53 Prozent (2018). Von den EU-Staaten verzeichnete Schweden mit 3,39 Prozent die höchste FuE-Intensität (2019). Die der USA stieg leicht um 0,02 Prozentpunkte auf 2,83 Prozent (2018). Ebenfalls um 0,02 Prozentpunkte wuchs die FuE-Intensität Chinas, das im Jahr 2018 einen Anteil von 2,14 Prozent seines Bruttoinlandsprodukts in FuE investierte.

Deutschlands Haushaltsansatz für zivile FuE (C 2-2), also das im Staatshaushalt festgesetzte Budget zur Finanzierung von FuE, ist gegenüber dem Jahr 2018 erneut gestiegen und erreichte im Jahr 2019 einen Indexwert von 172 Prozent. Das bedeutet, dass das im deutschen Staatshaushalt festgesetzte Budget zur Finanzierung von FuE zwischen 2009 und 2019 um 72 Prozent gestiegen ist. Deutlich stärker gestiegen ist der Haushaltsansatz für zivile FuE in der Schweiz. Hier lag die Steigerung bei 123 Prozent. Die Schweiz verzeichnet damit den mit Abstand stärksten Zuwachs aller Vergleichsländer. Die schwächste Entwicklung wiesen die USA auf; hier sank der Haushaltsansatz für zivile FuE zwischen 2009 und 2019 leicht um 1 Prozent.

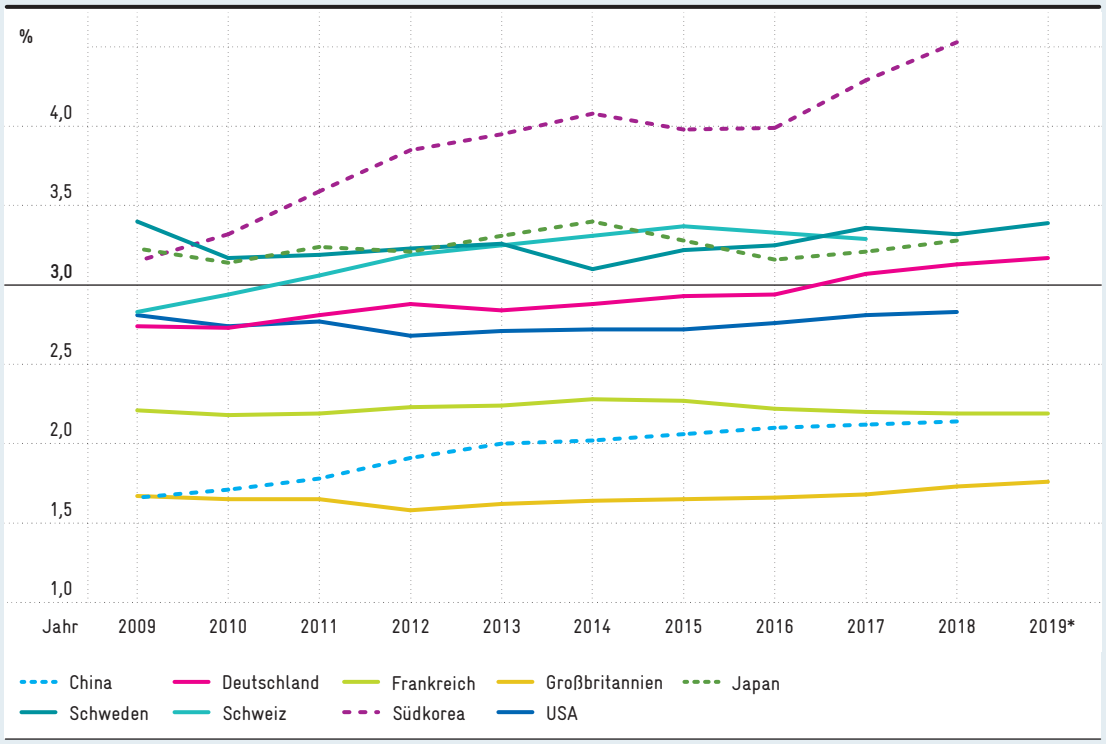
Die Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor (C 2-3) zeigt, dass der Anteil der Ausgaben für die im Sektor Staat durchgeführte FuE in allen dargestellten Ländern, mit Ausnahme der Schweiz[328], zwischen 2008 und 2018 zurückgegangen ist. Die Ausgabenanteile für die vom Wirtschaftssektor durchgeführte FuE gingen in Deutschland, Schweden und der Schweiz in diesem Zeitraum zurück, während sie in den anderen Ländern zunahmen. Die den Hochschulsektor betreffenden Anteile nahmen von 2008 auf 2018 in Deutschland, Frankreich, Schweden und der Schweiz zu. In den anderen Ländern verringerten sich diese Anteile. Für Deutschland waren die Veränderungen dieser drei Anteilsgrößen allerdings jeweils sehr gering.

Für die Indikatoren FuE-Intensität der Bundesländer (C 2-4), interne FuE-Ausgaben der Unternehmen (C 2-5) sowie interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen (C 2-6) lagen zum Redaktionsschluss noch keine aktualisierten Daten vor. Es wurden daher die Tabellen und die Abbildung aus dem Vorjahr übernommen.

Abb C 2-1

Download
Daten

FuE-Intensität in ausgewählten Ländern 2009–2019 in Prozent



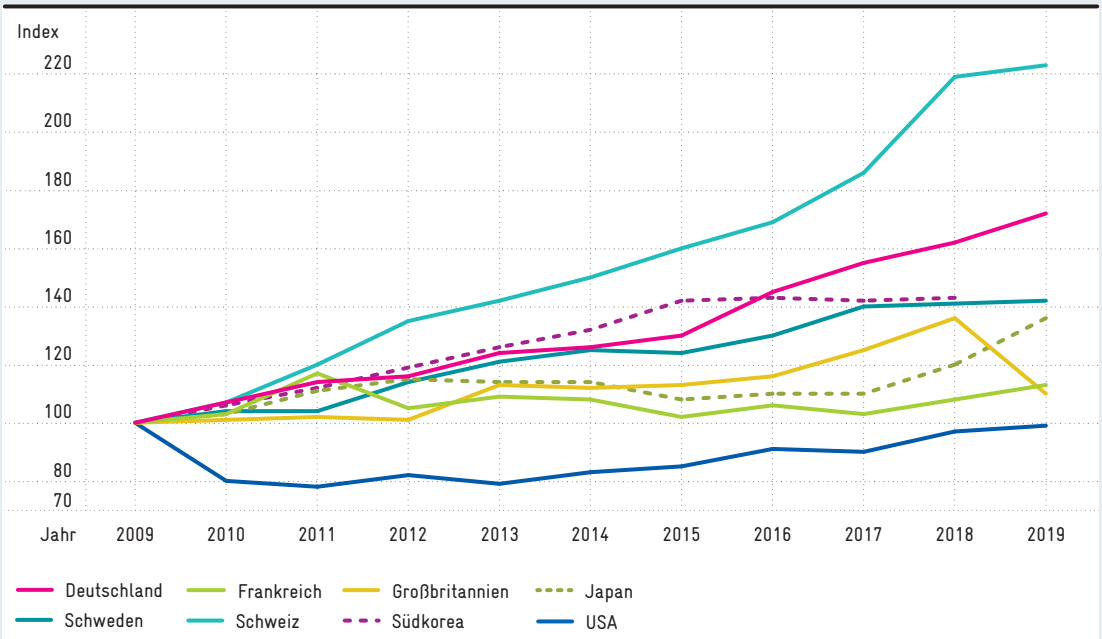
FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung einer Volkswirtschaft am Bruttoinlandsprodukt (BIP).
* Daten für 2019 vorläufig.
Quelle: OECD, Eurostat. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schasse (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE in ausgewählten Ländern 2009–2019 als Indexwerte

Abb C 2-2

Download Daten



FuE-Haushaltsansätze: Betrachet werden die im Haushaltsplan festgesetzten Budgets, die für die Finanzierung von FuE zur Verfügung stehen.
Index: 2009 = 100, Daten zum Teil geschätzt.
Quelle: OECD, Eurostat. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schasse (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor in ausgewählten Ländern 2008 und 2018

Tab C 2-3

Download Daten

	2008					2018				
		davon durchgeführt von … (in Prozent)					davon durchgeführt von … (in Prozent)			
Länder	Ausgaben in Mio. US-Dollar	Wirt-schaft	Hoch-schulen	Staat	Private Nonprofit	Ausgaben in Mio. US-Dollar	Wirt-schaft	Hoch-schulen	Staat	Private Nonprofit
China	145.071	73,3	8,5	18,3	-	468.062	77,4	7,4	15,2	-
Deutschland	**81.173**	**69,2**	**16,8**	**14,0**	**-**	**141.300**	**68,9**	**17,6**	**13,5**	**-**
Frankreich	46.567	62,7	20,0	16,0	1,2	68.441	65,4	20,5	12,5	1,6
Großbritannien	36.542	62,0	26,5	9,2	2,4	53.953	67,6	23,6	6,6	2,2
Japan	148.719	78,5	11,6	8,3	1,6	171.294	79,4	11,6	7,8	1,3
Schweden	13.487	74,1	21,3	4,4	0,2	18.162	71,0	25,3	3,6	0,1
Schweiz*	10.917	73,5	24,2	0,7	1,6	18.688	71,0	28,2	0,8	2,3
Südkorea	43.906	75,4	11,1	12,1	1,4	98.451	80,3	8,2	10,1	1,4
USA	407.238	71,4	13,2	11,3	4,0	581.553	72,6	12,8	10,4	4,2

Datenstand 09/2020. * 2017 statt 2018
Deutschland und China: Private Nonprofit-Organisationen in „Staat" enthalten.
Quelle: OECD, Eurostat. Berechnungen des CWS in Schasse (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Tab C 2-4

Download
Daten

FuE-Intensität der Bundesländer und Deutschlands 2007 und 2017 in Prozent

	2007				2017			
Bundesländer	**Gesamt**	**Wirtschaft**	**Staat**	**Hochschulen**	**Gesamt**	**Wirtschaft**	**Staat**	**Hochschulen**
Baden-Württemberg	4,16	3,38	0,37	0,40	5,63	4,71	0,41	0,51
Bayern	2,81	2,21	0,25	0,35	3,09	2,34	0,31	0,43
Berlin	3,02	1,25	1,00	0,77	3,40	1,37	1,19	0,84
Brandenburg	1,22	0,32	0,64	0,26	1,68	0,57	0,74	0,37
Bremen	2,14	0,85	0,71	0,58	2,75	0,88	1,10	0,76
Hamburg	1,80	1,07	0,40	0,33	2,14	1,24	0,38	0,53
Hessen	2,49	2,03	0,15	0,31	2,91	2,20	0,28	0,43
Mecklenburg-Vorpommern	1,38	0,40	0,56	0,42	1,79	0,58	0,64	0,58
Niedersachsen	2,41	1,67	0,33	0,41	3,10	2,20	0,37	0,53
Nordrhein-Westfalen	1,70	1,07	0,25	0,38	2,09	1,23	0,30	0,55
Rheinland-Pfalz	1,78	1,32	0,14	0,32	2,43	1,78	0,18	0,47
Saarland	1,03	0,42	0,28	0,33	1,74	0,86	0,36	0,53
Sachsen	2,58	1,34	0,66	0,58	2,78	1,21	0,79	0,78
Sachsen-Anhalt	1,17	0,35	0,42	0,40	1,49	0,41	0,51	0,57
Schleswig-Holstein	1,18	0,53	0,31	0,34	1,55	0,83	0,34	0,38
Thüringen	1,87	0,96	0,43	0,48	2,19	1,10	0,48	0,61
Deutschland	**2,44**	**1,71**	**0,34**	**0,39**	**3,03**	**2,10**	**0,41**	**0,52**

FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben der Bundesländer für Forschung und Entwicklung an ihrem Bruttoinlandsprodukt, aufgeschlüsselt nach durchführendem Sektor.
Quelle: SV Wissenschaftsstatistik und Statistische Ämter des Bundes und der Länder in Gehrke et al. (2020).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Tab C 2-5

Download Daten

Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen sowie Größen- und Technologieklassen 2017

	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	**68.787.323**	**90,4**	**3,2**	**0,1**	**6,3**
Verarbeitendes Gewerbe	58.493.502	91,6	1,8	0,1	6,5
chemische Industrie	4.065.084	91,1	1,4	0,0	7,5
pharmazeutische Industrie	4.630.940	80,2			18,9
Kunststoff-, Glas- u. Keramikindustrie	1.468.445	94,9	2,7	0,2	2,2
Metallerzeugung und -bearbeitung	1.499.201	80,2	8,3	0,3	11,2
Elektrotechnik/Elektronik	10.431.420	89,7	2,7	0,0	7,6
Maschinenbau	7.116.706	95,6	2,3	0,1	2,0
Fahrzeugbau	27.431.531	93,7	1,0	0,2	5,2
übriges Verarbeitendes Gewerbe	1.850.175	93,0	4,3	0,1	2,6
übrige Wirtschaftszweige	10.293.822	86,1	9,5	0,1	4,2
< 100 Beschäftigte	3.153.908	70,8	21,6	0,5	7,1
100-499 Beschäftigte	5.731.228	84,5	8,0	0,2	7,3
500-999 Beschäftigte	4.098.690	88,5	6,2	0,1	5,2
≥ 1.000 Beschäftigte	55.803.497	92,3	1,4	0,1	6,2
Technologieklassen in der Industrie					
Spitzentechnologie (> 9 Prozent FuE-Aufwand/Umsatz)	14.263.536	84,5	3,4	0,0	12,0
Hochwertige Technologie (3-9 Prozent FuE-Aufwand/Umsatz)	38.768.519	94,3	0,9	0,1	4,6

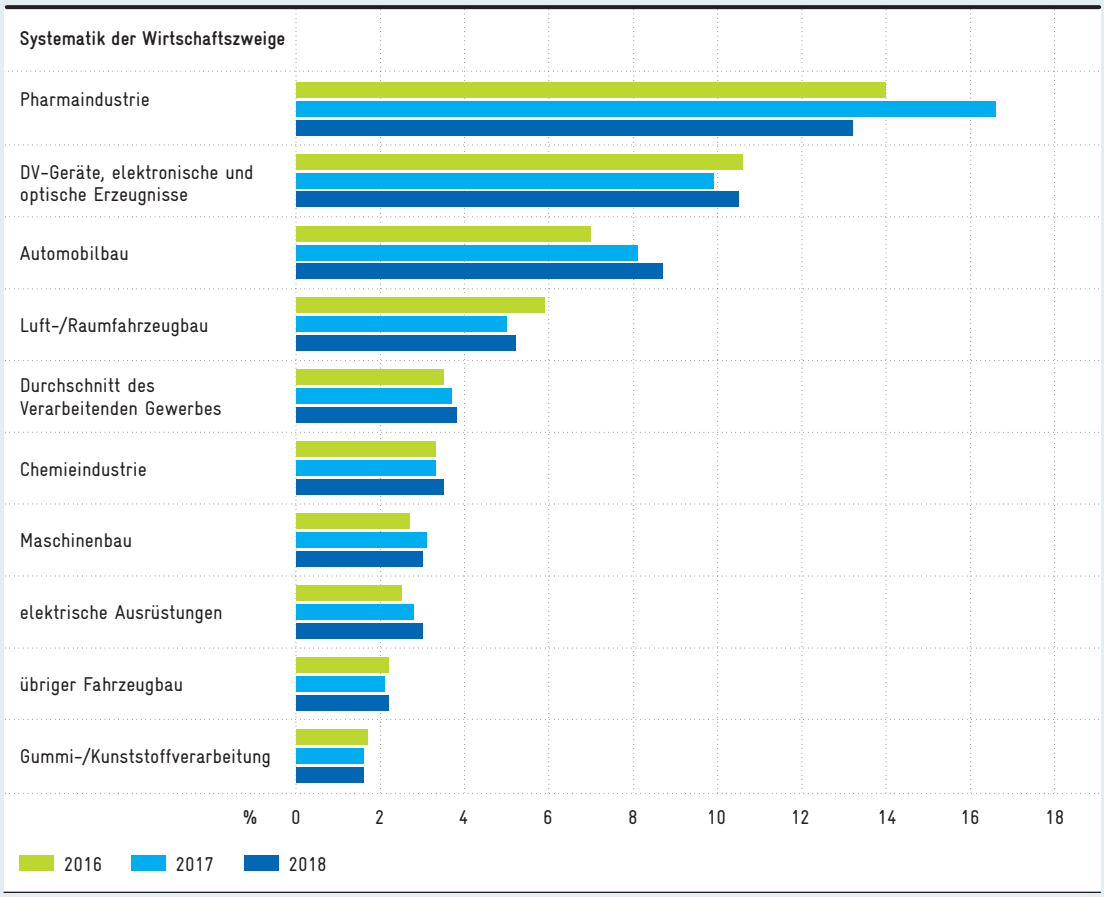
Interne FuE: FuE, die innerhalb des Unternehmens durchgeführt wird, unabhängig davon, ob für eigene Zwecke oder im Auftrag anderer.
Quelle: SV Wissenschaftsstatistik in Gehrke et al. (2020).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Abb C 2-6

Download
Daten

Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen 2016–2018



Interne FuE: FuE, die innerhalb des Unternehmens durchgeführt wird, unabhängig davon, ob für eigene Zwecke oder im Auftrag anderer. Angaben ohne Vorsteuer.
Quelle: SV Wissenschaftsstatistik, Statistisches Bundesamt, Unternehmensergebnisse Deutschland. Berechnungen des CWS in Gehrke et al. (2020).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Innovationsverhalten der Wirtschaft

C 3

Die alle zwei Jahre durchgeführte europaweite Innovationserhebung Community Innovation Surveys (CIS) bildet die Datengrundlage für den internationalen Vergleich des Innovationsverhaltens der Unternehmen (C 3-1).[329] Die CIS werden von allen Mitgliedstaaten der EU sowie von einigen anderen europäischen Ländern auf einer harmonisierten methodischen Grundlage und unter Koordination von Eurostat durchgeführt. Die CIS basieren auf einem weitgehend einheitlichen Fragebogen und richten sich an Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und in ausgewählten Dienstleistungssektoren. Im Jahr 2018 betrug die Innovationsintensität, d.h. die Innovationsausgaben bezogen auf den Gesamtumsatz, der forschungsintensiven Industrie in Deutschland 7,4 Prozent und lag damit 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 die Quote 3,2 Prozent.

Die in den Grafiken C 3-2 und C 3-3 dargestellten Daten zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft im Zeitraum 2009 bis 2019 beruhen auf der seit 1993 jährlich durchgeführten Innovationserhebung des ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), dem Mannheimer Innovationspanel (MIP).[330] Daten aus dem MIP stellen den deutschen Beitrag zu den CIS dar. Das MIP umfasst aber über die an Eurostat zu meldenden Daten hinaus auch Daten zu Unternehmen mit fünf bis neun Beschäftigten.

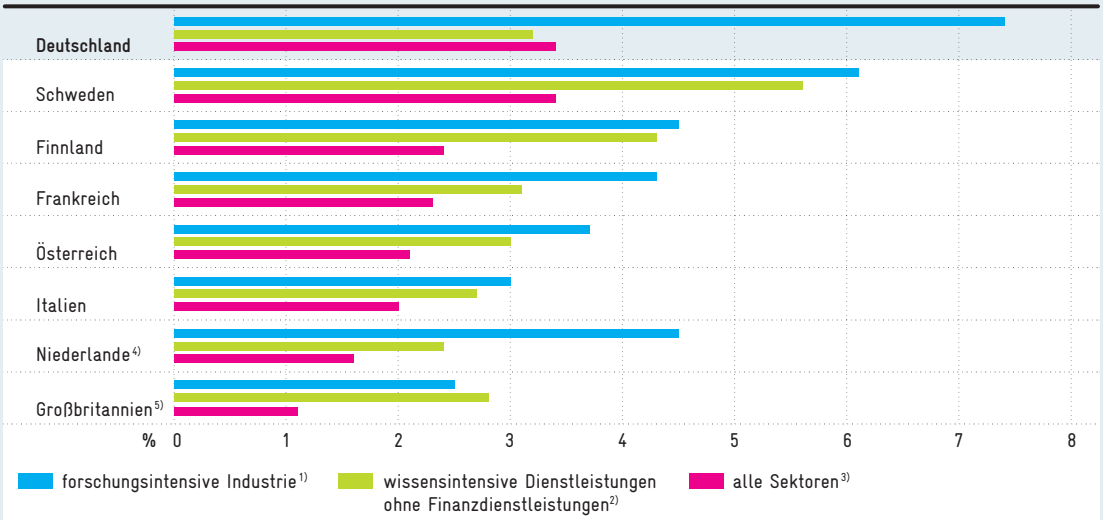
Die Innovationsintensität (C 3-2) wies in den letzten Jahren in allen betrachteten Sektoren der Industrie und der unternehmensorientierten Dienstleistungen nur geringe Schwankungen auf. Im Jahr 2019 lag sie in der FuE-intensiven Industrie bei 8,9 Prozent. Deutlich geringer war die Innovationsintensität in der sonstigen Industrie (1,4 Prozent), in den Finanzdienstleistungen (0,9 Prozent) und in den sonstigen Dienstleistungen (0,6 Prozent). Die wissensintensiven Dienstleister konnten den seit 2017 bestehenden Aufwärtstrend fortsetzen und erreichten im Jahr 2019 eine Innovationsintensität von 6,1 Prozent. Der Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten (C 3-3) stieg bei den wissensintensiven Dienstleistern gegenüber dem Vorjahr leicht von 12,9 auf 13,6 Prozent an. Die FuE-intensive Industrie verzeichnete hingegen einen Rückgang von 33,0 auf 31,2 Prozent und setzt damit den leichten Abwärtstrend aus dem Vorjahr fort. Leichte Rückgänge zeigten sich auch in der sonstigen Industrie (von 7,6 auf 7,0 Prozent) und im Bereich der sonstigen Dienstleistungen (von 8,5 auf 6,4 Prozent).

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).[331] Deutsche Unternehmen brachten sich 2020 in die Arbeit der ISO deutlich häufiger ein als Vertreterinnen und Vertreter anderer Länder.[332] China konnte im Zeitraum 2010 bis 2020 die Anzahl der bei der ISO geführten Sekretariate deutlich erhöhen, liegt aber immer noch auf Rang sechs der hier betrachteten Länder.

Abb C 3-1

Download
Daten

Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2018 in Prozent



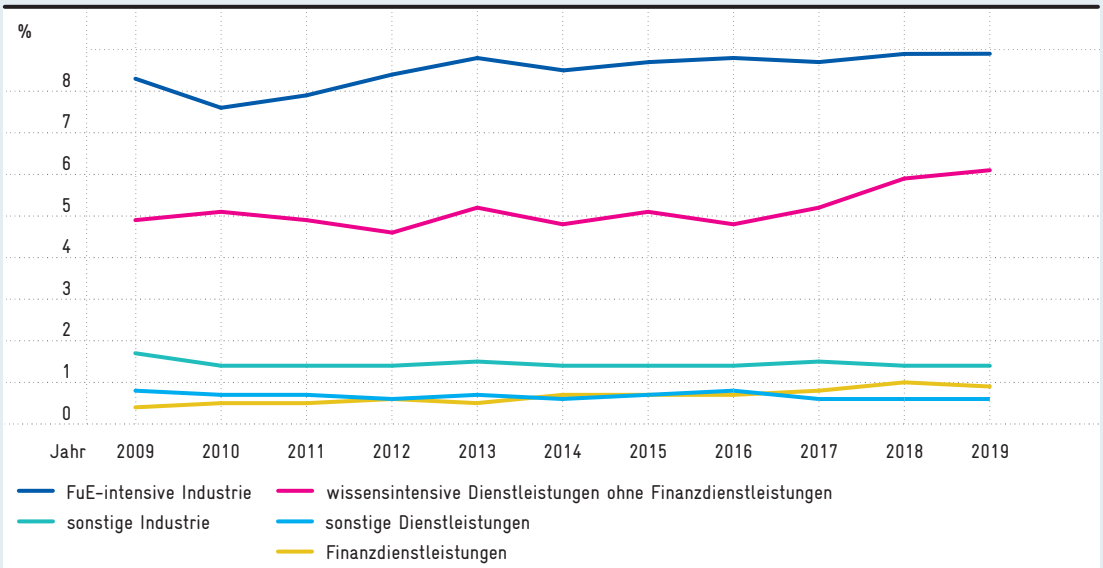
Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.
1) Forschungsintensive Industrie: WZ 19–22, 25–30. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der forschungsintensiven Industrie 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 2021.

C

Abb C 3-2

Download
Daten

Innovationsintensität in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2009–2019 in Prozent

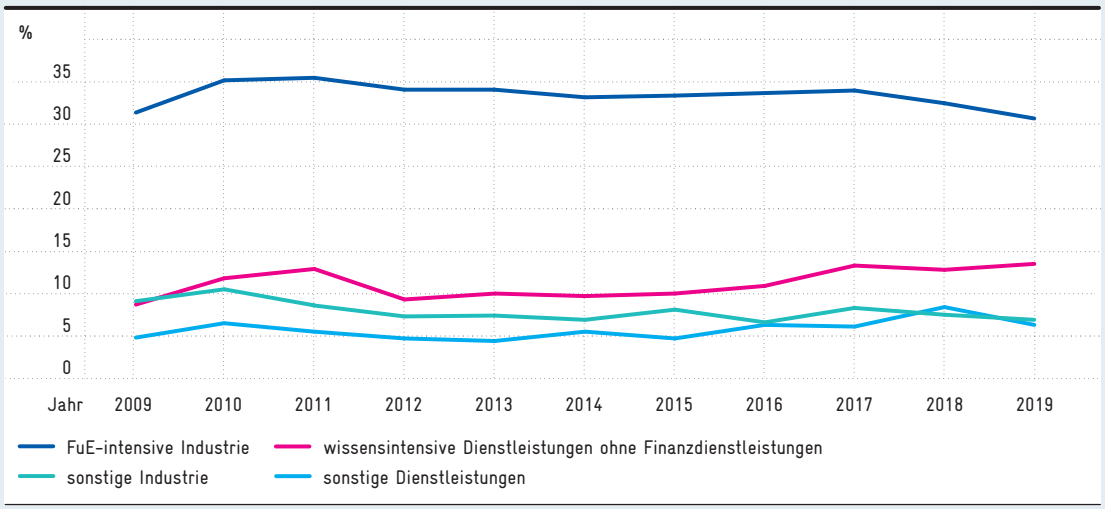


Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.
Daten für 2018 teils revidiert.
Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2009–2019 in Prozent

Abb C 3-3

Download Daten

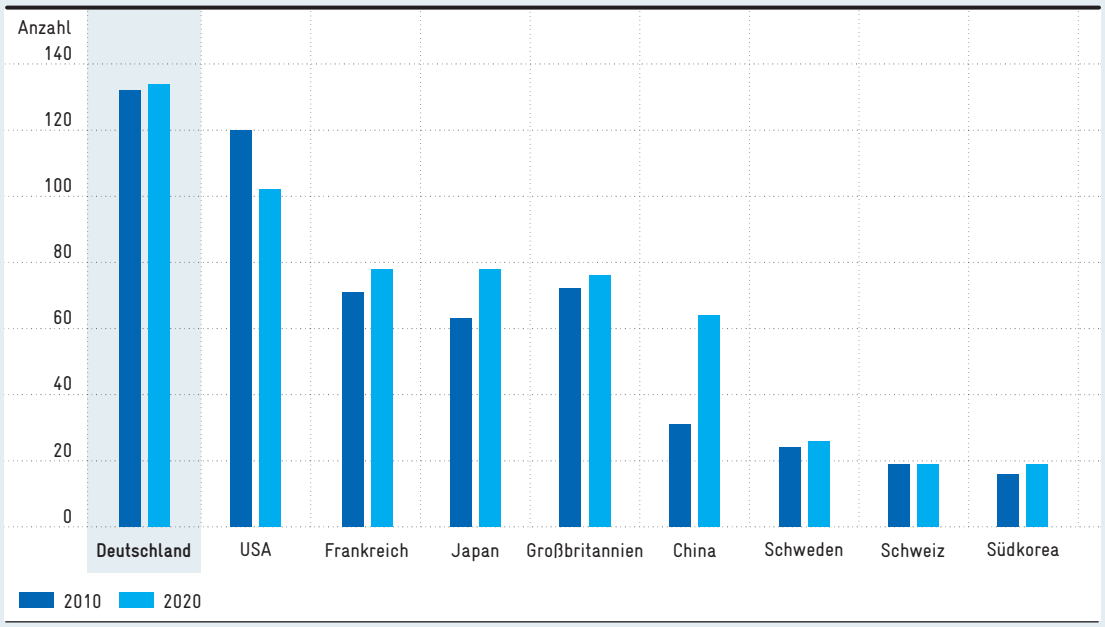


Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.
Daten für 2018 teils revidiert.
© EFI–Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate 2010 und 2020

Abb C 3-4

Download Daten



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ISO (2011) und https://www.iso.org/members.html (Abruf am 17. Dezember 2020).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation[333]

Die öffentliche Finanzierung von 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. Das Instrument der steuerlichen FuE-Förderung stand Unternehmen im betrachteten Jahr (2017) in den meisten der aufgeführten Länder zur Verfügung, Deutschland machte 2017 von dieser Förderungsmöglichkeit noch keinen Gebrauch. Zu Beginn des Jahres 2020 trat in Deutschland dann das Forschungszulagengesetz in Kraft.

Sowohl in der Gründungs- als auch in der Wachstumsphase stellt die Finanzierung von FuE sowie von Innovationsvorhaben für viele Unternehmen eine zentrale Herausforderung dar.[334] Junge, innovative Unternehmen können sich häufig nur dann erfolgreich am Markt etablieren, wenn sich in der Gründungs- und Aufbauphase private Investoren mit Wagniskapital beteiligen.

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 eine gute internationale Vergleichbarkeit ermöglichen.[335] Die höchsten Wagniskapitalinvestitionen relativ zum BIP verzeichneten im Jahr 2019 Finnland und Großbritannien. Deutschland nimmt im internationalen Vergleich nur eine Position im Mittelfeld ein, auch wenn 2019 der Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am BIP im Vergleich zum Vorjahr angestiegen ist.

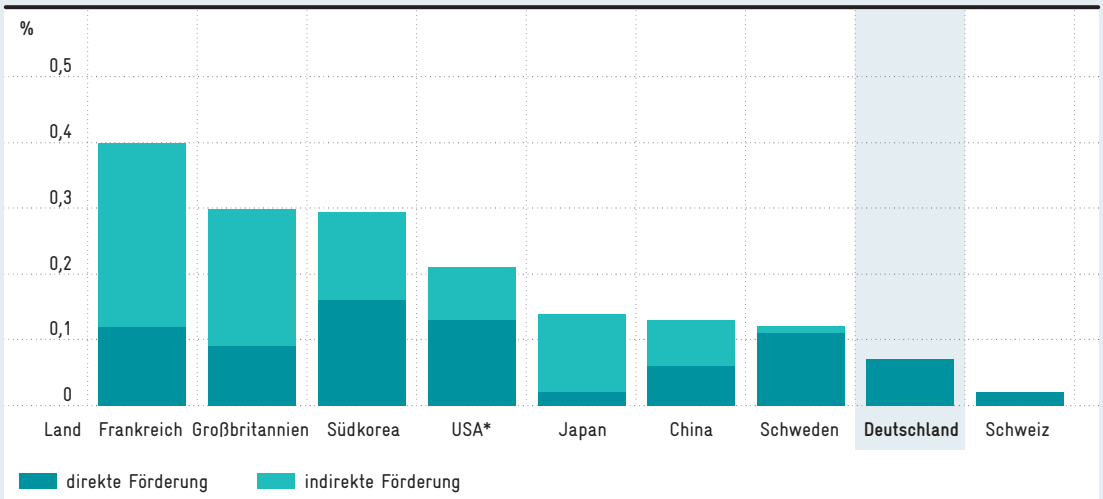
Da bei den Invest-Europe-Daten nur Wagniskapitalinvestitionen der im Verband organisierten Unternehmen erfasst werden, besteht die Gefahr, das Volumen zu unterschätzen.[336] Für die Analyse der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland werden daher neben den Invest-Europe-Daten auch Daten aus Transaktionsdatenbanken[337] verwendet. Deren Vorteil besteht darin, dass die Beobachtungseinheit die einzelne Transaktion ist, was die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass auch Ko-Investitionen von untypischen Marktteilnehmern[338] 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 2009 bis 2019 ein deutlicher Anstieg der Wagniskapitalinvestitionen zu erkennen. Dieser fällt bei den Transaktionsdaten jedoch erheblich größer aus. Unter Verwendung dieser Daten kommt es zu einer deutlichen 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.

Abb C 4-1

Download Daten

Durch den Staat finanzierte FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2017 in Prozent

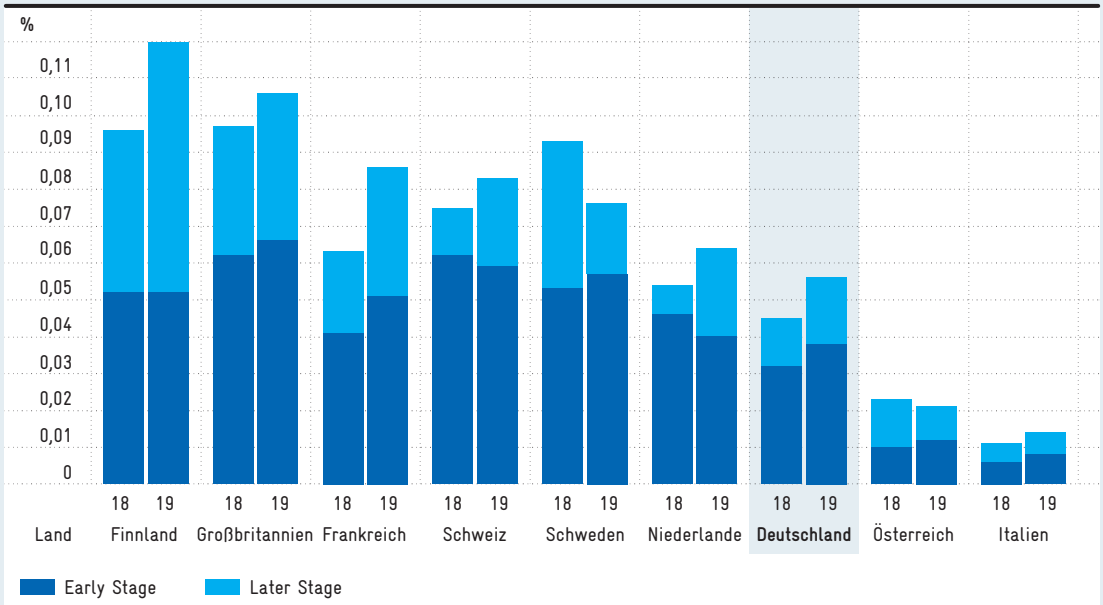


Die öffentliche Finanzierung von FuE im Wirtschaftssektor wird in direkte FuE-Förderung und indirekte (steuerliche) FuE-Förderung unterteilt.
* 2016.
Quelle: OECD R&D Tax Incentive Database, Recherche Dezember 2020.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 4-2

Download Daten

Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2018 und 2019 in Prozent

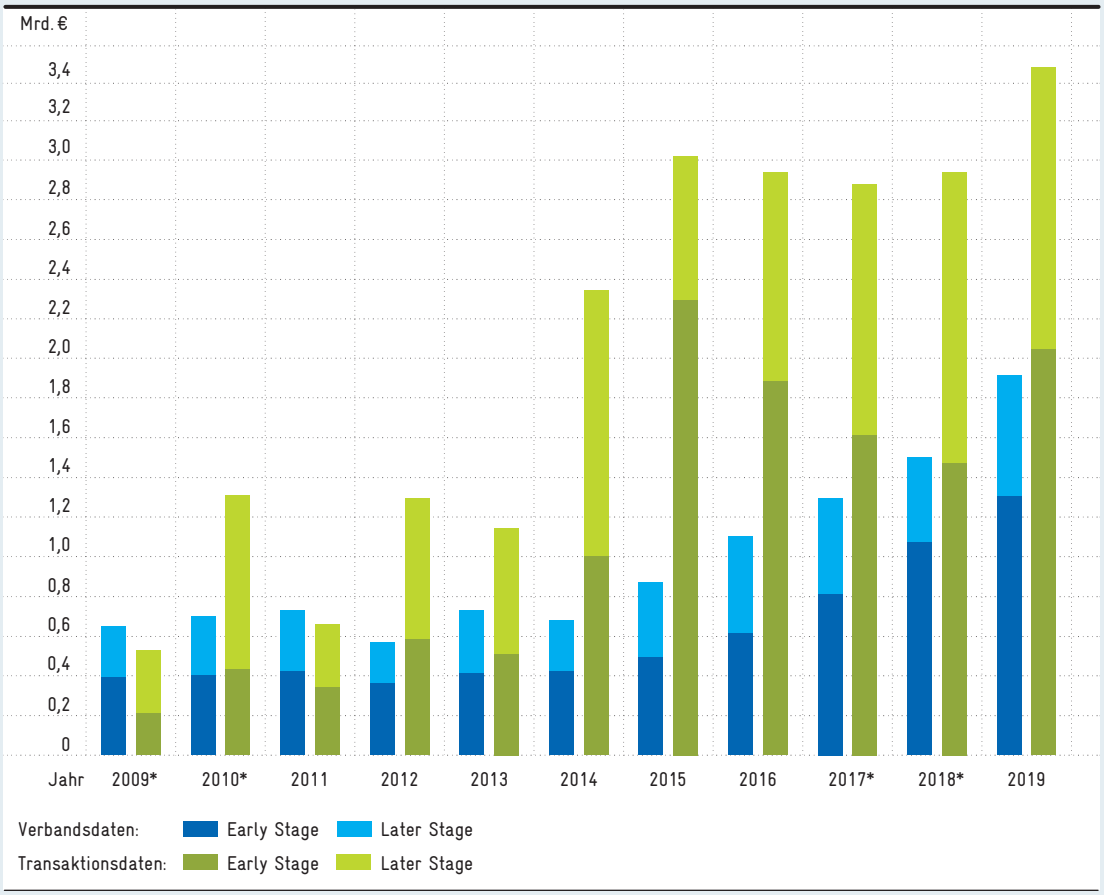


Wagniskapital bezeichnet zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht-börsennotierten Unternehmen.
Daten für 2018 teils revidiert.
Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up.
Quelle: Invest Europe. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 4-3

Download
Daten

Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland 2009–2019 in Milliarden Euro



Wagniskapital bezeichnet zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht-börsennotierten Unternehmen.
* Daten teils leicht 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. (2021).
Quelle Transaktionsdaten: Bureau van Dijk, Majunke. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Unternehmensgründungen C 5

Ein internationaler Vergleich der Gründungsraten, also der Zahl der Gründungen im Verhältnis zum Gesamtbestand der Unternehmen, ist nur auf europäischer Ebene möglich.[339] Hierzu werden die Business Demography Statistics von Eurostat herangezogen (C 5-1), die einen Teilbereich der Strukturellen Unternehmensstatistik (SUS) der Europäischen Union darstellen. Diese amtliche Datenbank basiert auf Auswertungen der Unternehmensregister in den einzelnen Mitgliedstaaten. Die Werte für Deutschland stammen aus der Unternehmensdemografiestatistik des Statistischen Bundesamts, die eine Auswertung des Unternehmensregisters darstellt.[340] Beim Vergleich der Gründungsraten von acht ausgewählten europäischen Ländern lag Deutschland 2018 sowohl über die Gesamtwirtschaft gesehen (6,8 Prozent) als auch in den wissensintensiven Dienstleistungen (8 Prozent) auf dem sechsten Rang.[341] In der FuE-intensiven Industrie (3,4 Prozent) wies Deutschland unter den betrachteten Vergleichsländern die niedrigste Gründungsrate auf.

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.[342] Der im MUP verwendete Unternehmensbegriff umfasst ausschließlich wirtschaftsaktive Unternehmen; als Unternehmensgründungen gelten nur originäre Neugründungen.[343] 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.[344] Das heißt, die Werte weichen von den in Abbildung C 5-1 für Deutschland angegebenen Werten ab. Nach der Finanz- und Wirtschaftskrise sanken die Gründungsraten zunächst in allen betrachteten Sektoren.[345] Danach waren die Werte relativ konstant. Im gesamten Zeitraum war EDV/Telekommunikation unter den betrachteten Sektoren derjenige mit den höchsten Gründungsraten (2019: 6,2 Prozent), während in der hochwertigen Technologie und der Spitzentechnologie die niedrigsten Gründungsraten zu verzeichnen waren (2019: jeweils 2,8 Prozent).[346]

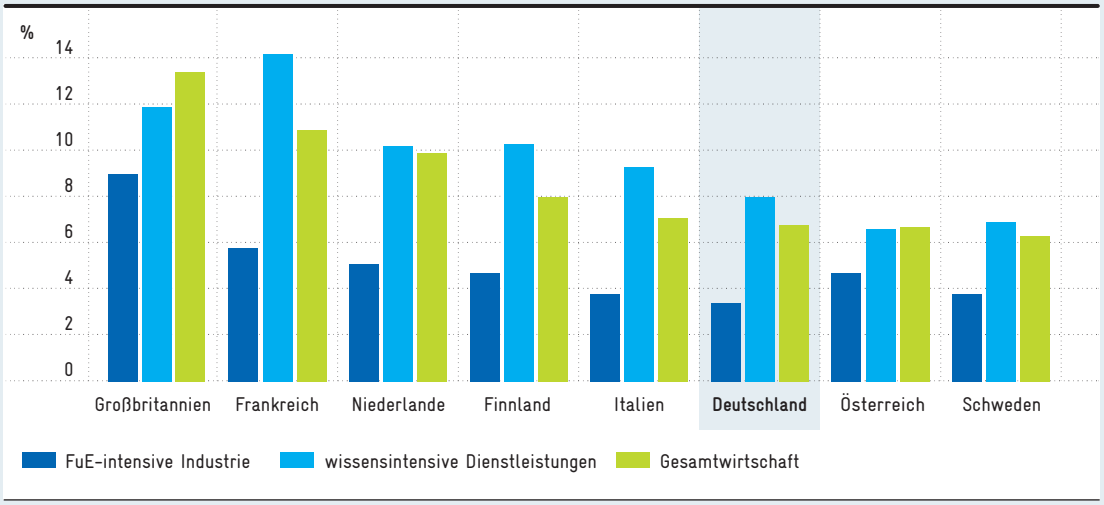
Die Schließungsraten zeigten in der zweiten Hälfte der 2010er Jahre in allen betrachteten Sektoren einen rückläufigen Trend (C 5-3).[347] In der Wissenswirtschaft sanken sie von 4,2 Prozent im Jahr 2014 auf 2,8 Prozent im Jahr 2019.

Im Vergleich der Bundesländer erreichte Berlin im Zeitraum 2017 bis 2019 in der FuE-intensiven Industrie (4,6 Prozent), in den wissensintensiven Dienstleistungen (6,1 Prozent) und über die Gesamtwirtschaft gesehen (6,1 Prozent) die höchsten Gründungsraten (C 5-4).[348] In der FuE-intensiven Industrie nahmen Hamburg (4 Prozent) und Brandenburg (3,8 Prozent) den zweiten und dritten Rang ein. In den wissensintensiven Dienstleistungen wiesen das Saarland (5,2 Prozent) und Bremen (5,1 Prozent) nach Berlin die höchsten Gründungsraten auf, dicht gefolgt von Bayern (5 Prozent).

Abb C 5-1

Download
Daten

Gründungsraten in ausgewählten Ländern 2018 in Prozent

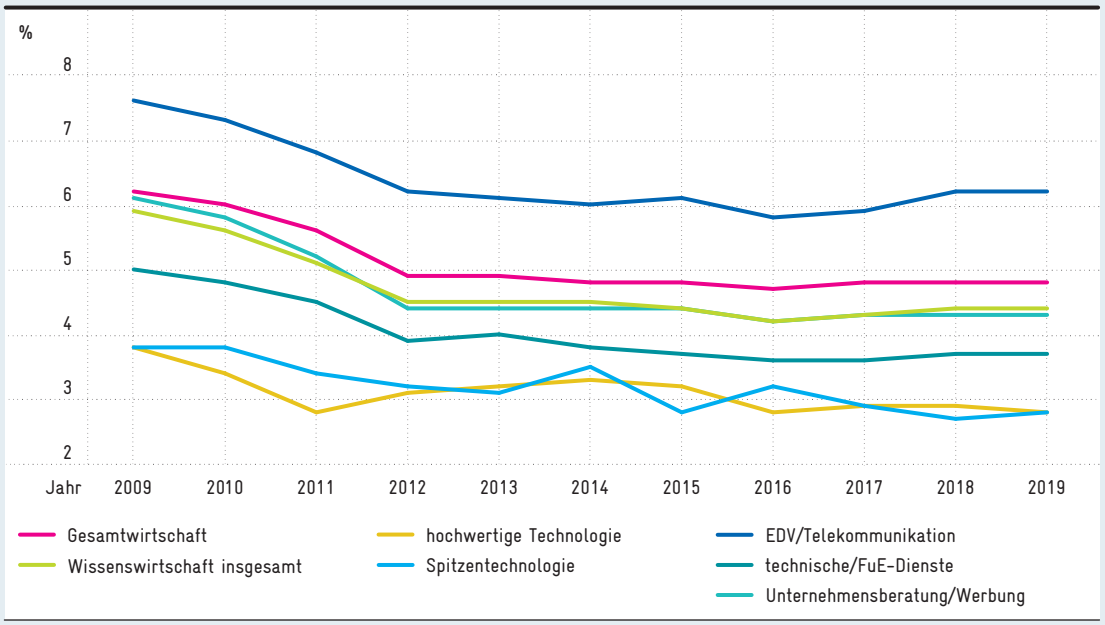


Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.
Quelle: Business Demography Statistics (Eurostat). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 5-2

Download
Daten

Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2009–2019 in Prozent

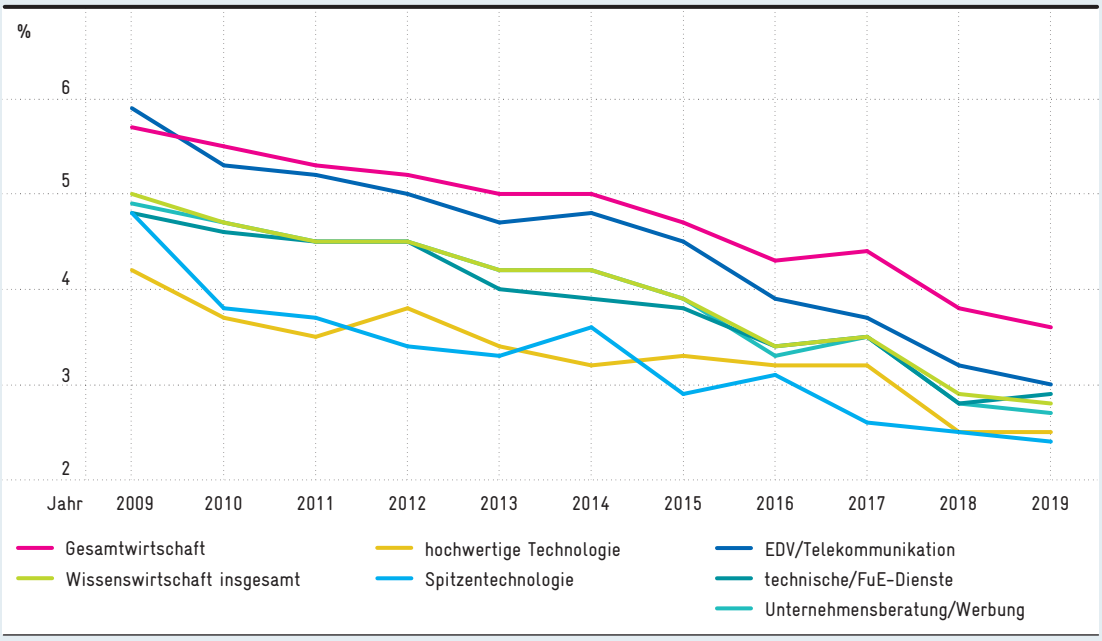


Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien (hochwertige Technologie und Spitzentechnologie) sowie die wissensintensiven Dienstleistungen.
Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.
Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2009–2019 in Prozent

Abb C 5-3

Download Daten

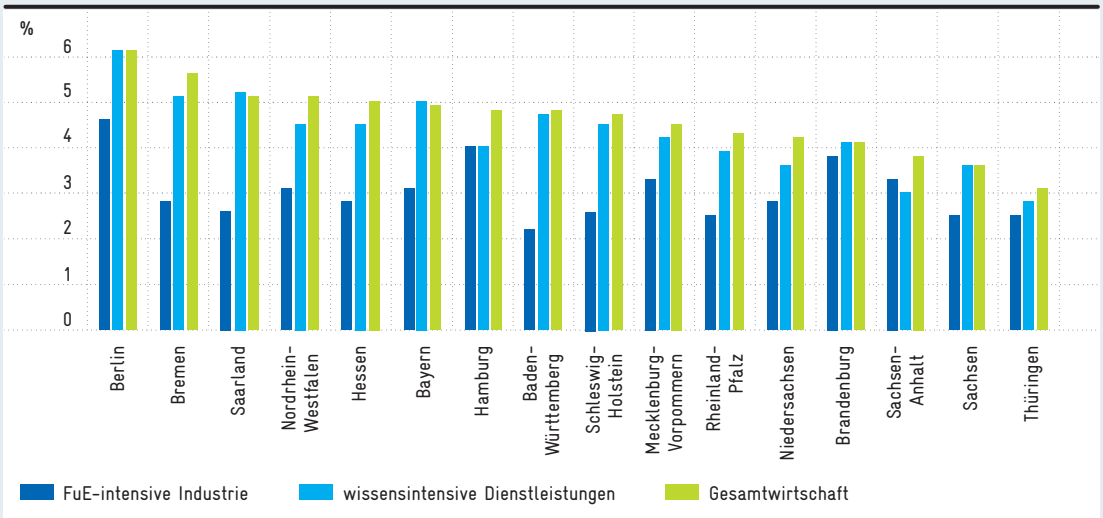


Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien (hochwertige Technologie und Spitzentechnologie) sowie die wissensintensiven Dienstleistungen.
Schließungsrate: Anzahl der Unternehmen, die während eines Jahres stillgelegt wurden, in Relation zum Unternehmensbestand.
Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Gründungsraten nach Bundesländern 2017–2019 in Prozent

Abb C 5-4

Download Daten



Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.
Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C 6 Patente[349]

Seit Mitte der 2000er Jahre stagnieren die transnationalen Patentanmeldungen Deutschlands und auch die anderer großer europäischer Volkswirtschaften wie Großbritannien und Frankreich (C 6-1). Demgegenüber weisen insbesondere China, Südkorea und Japan hier hohe Wachstumsraten auf. China hat Deutschland und Japan mittlerweile überholt und liegt nun bei den transnationalen Patentanmeldungen hinter den USA auf Rang zwei.

Während die USA im Jahr 2018 bei den absoluten Anmeldungen führend sind, belegen sie hinsichtlich der Patentintensität (Patentanmeldungen pro Million Erwerbstätige) keinen der vorderen Ränge (C 6-2). Hier liegen die Schweiz, Schweden und Japan an der Spitze, gefolgt von Finnland, Südkorea und Deutschland. Patente sind ein wichtiges Instrument zur Sicherung von Marktanteilen im Rahmen des internationalen Technologiehandels. Eine hohe Patentintensität zeugt daher sowohl von einer starken internationalen Ausrichtung als auch von einer ausgeprägten Exportfokussierung der jeweiligen Volkswirtschaft.

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

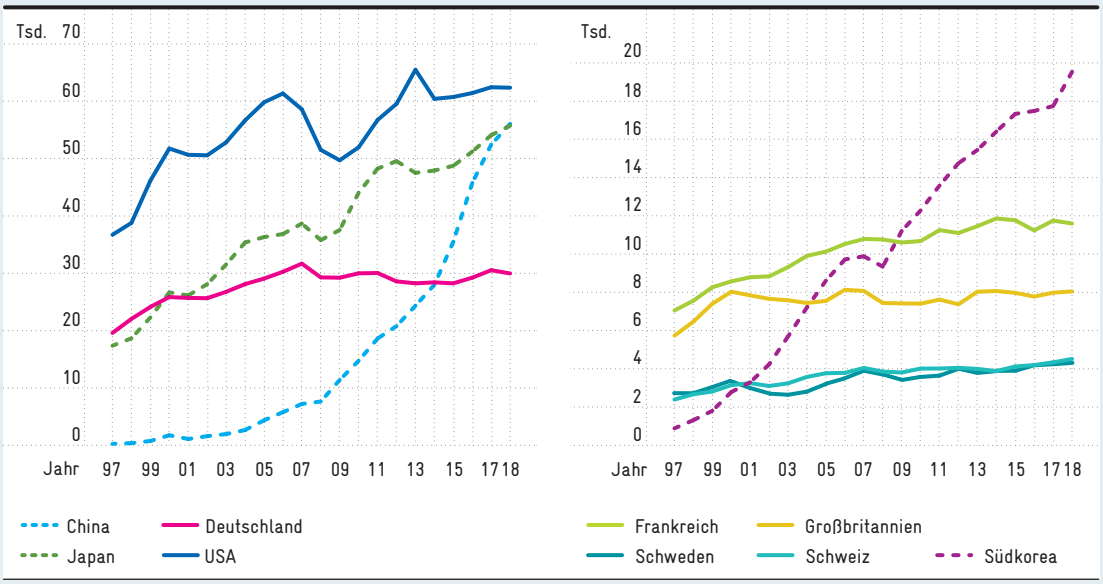
Im internationalen Vergleich wird eine starke Spezialisierung Deutschlands auf die hochwertige Technologie deutlich (C 6-3), was durch die traditionellen Stärken Deutschlands in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der chemischen Industrie zu erklären ist. Deutschland verzeichnet hier den höchsten Wert der Vergleichsgruppe.

Dagegen sind China, Schweden und die USA auf den Bereich der Spitzentechnologie spezialisiert (C 6-4), ein Bereich in dem Deutschland unterdurchschnittlich abschneidet.

Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern 1997–2018

Abb C 6-1

Download Daten



Die transnationalen Patentanmeldungen umfassen Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt.
Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Anzahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie in ausgewählten Ländern 2018

Tab C 6-2

Download Daten

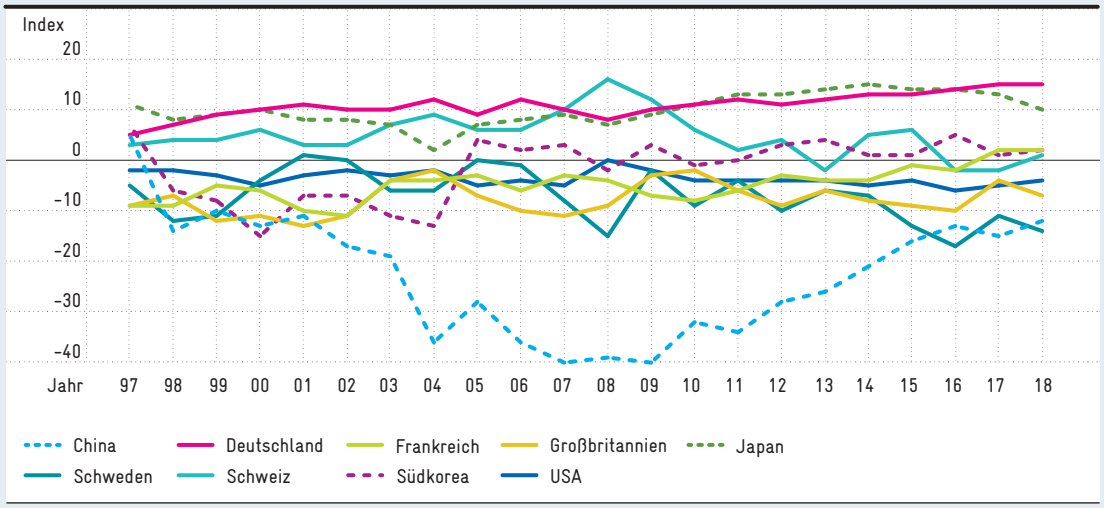
	Anzahl*	Intensität*	Intensität FuE-intensive Technologie	Wachstum (2008=100)*	Wachstum FuE-intensive Technologie (2008=100)*
Gesamt	**299.636**	**–**	**–**	**152**	**151**
China	56.035	73	51	733	699
Deutschland	**29.959**	**715**	**416**	**102**	**107**
EU-28	79.699	356	204	108	110
Finnland	1.962	772	437	107	95
Frankreich	11.595	428	255	108	109
Großbritannien	8.048	249	148	108	110
Italien	5.900	254	121	100	95
Japan	55.727	836	490	156	141
Kanada	3.653	196	118	108	100
Niederlande	4.959	564	297	116	112
Schweden	4.311	846	572	116	123
Schweiz	4.517	966	488	117	105
Südkorea	19.531	728	445	209	192
USA	62.335	400	261	121	120

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 Neuhäusler et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 6-3

Download
Daten

Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich hochwertige Technologie 1997–2018

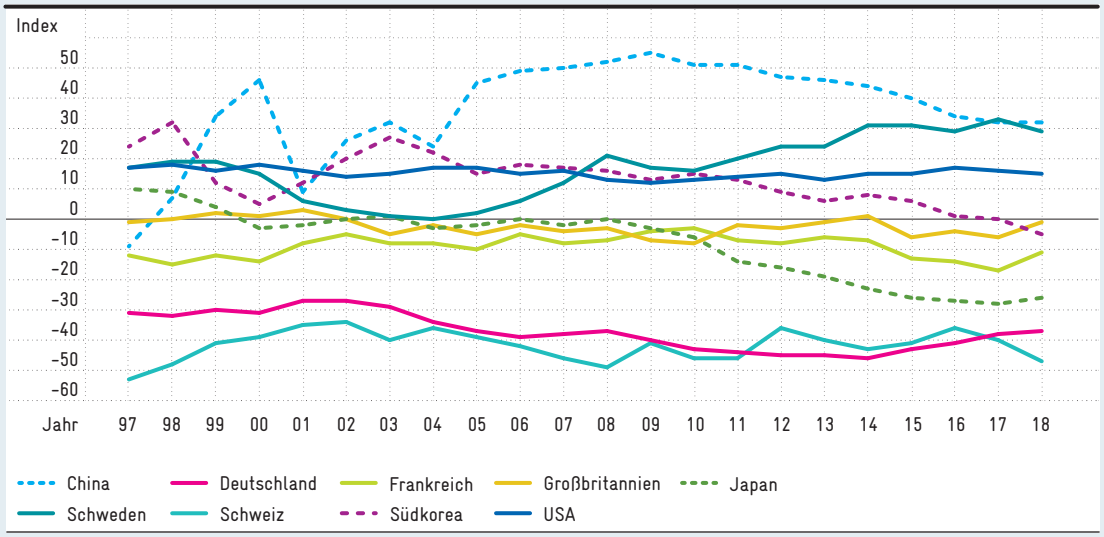


Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist.
Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 6-4

Download
Daten

Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich Spitzentechnologie 1997–2018



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 et al. (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Fachpublikationen[350]

C 7

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 (WoS) 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 Autorinnen bzw. 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 2009 und 2019 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 5,3 auf 4,1 Prozent gesunken, der britische von 5,5 auf 4,3 Prozent, der französische von 3,8 auf 2,5 Prozent und der US-amerikanische von 23,7 auf 17,8 Prozent. Dementgegen steht ein enormer Zuwachs des Publikationsanteils Chinas von 9,3 auf 22,5 Prozent.

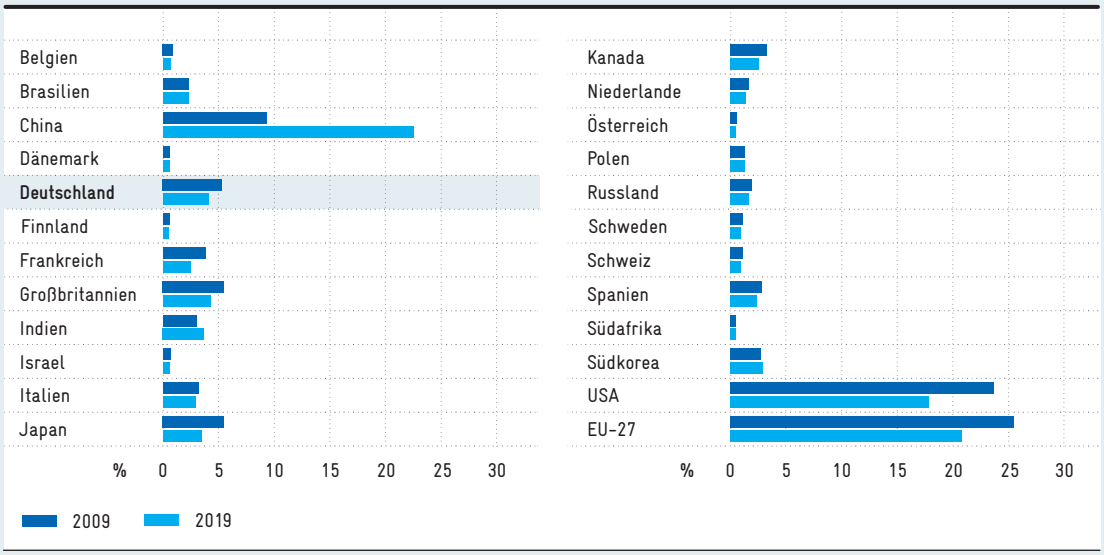
Die Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Sciene (C 7-2) ist ein Indikator für die relative Qualität von Fachpublikationen. Der Indexwert Deutschlands lag im Jahr 2017 bei 10 und damit unter dem Wert von 14 im Jahr 2009. Die Publikationen von Autorinnen und Autoren aus Deutschland haben damit relativ an Qualität verloren. Die Publikationsqualität fast aller Länder, die 2009 überdurchschnittlich abschnitten, hat relativ gesehen nachgelassen. China hat seine relative Publikationsqualität wiederum verbessern können und erreicht für das Jahr 2017 einen Indexwert von 4.

Der Indikator Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science (C 7-3) zeigt, dass der Indexwert für Artikel aus Deutschland von 7 auf 2 gesunken ist. Artikel aus Deutschland wurden also im Jahr 2017 im Vergleich zu 2009 seltener zitiert als andere Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erschienen sind. Dieser nachlassende Trend zeigt sich bei den meisten derjenigen Länder, die für 2009 einen überdurchschnittlichen Indexwert aufwiesen. Bedeutende Verbesserungen zu einem überdurchschnittlichen Indexwert gelangen China und Italien.

Abb C 7-1

Download
Daten

Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen 2009 und 2019 in Prozent

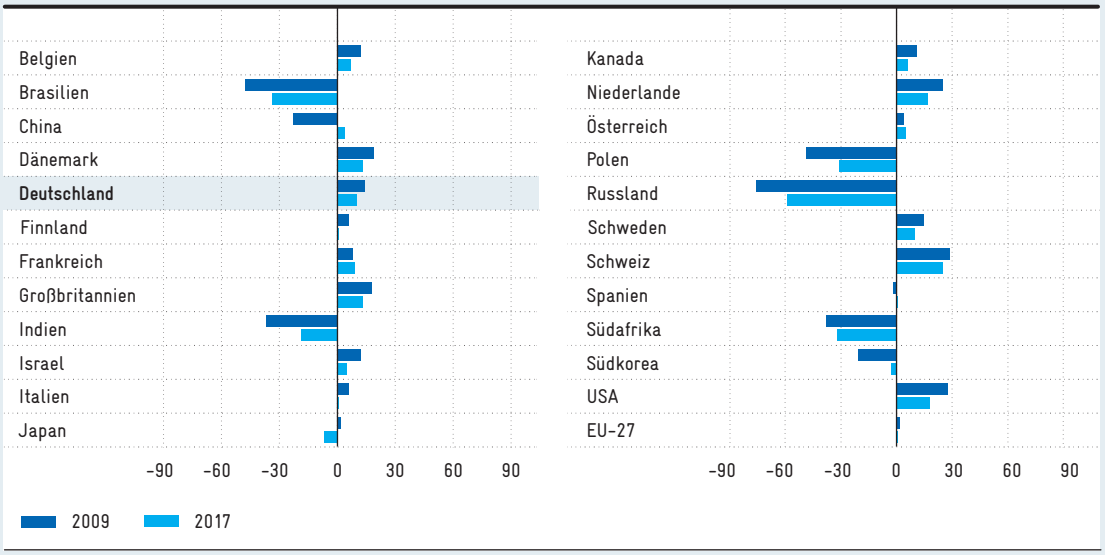


Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stephen und Stahlschmidt (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 7-2

Download
Daten

Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2009 und 2017 als Indexwerte

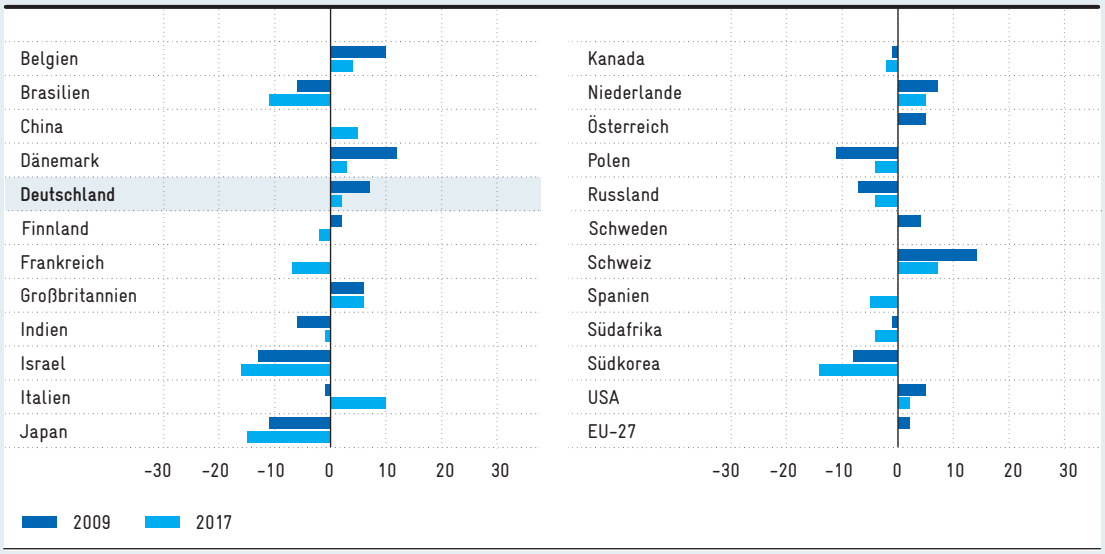


Der IA-Index zeigt an, ob Autorinnen und Autoren eines Landes in Relation zum Weltdurchschnitt in international beachteten oder aber weniger beachteten Zeitschriften publizieren. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche IA hin.
Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stephen und Stahlschmidt (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 7-3

Download Daten

Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2009 und 2017 als Indexwerte



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.
Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stephen und Stahlschmidt (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung[351]

Das Spezialisierungsmuster eines Landes im Außenhandel kann mit Hilfe des RCA-Indikators[352] gemessen werden. Er erfasst die Export/Import-Relation einer Produktgruppe im Verhältnis zur Export/Import-Relation der verarbeiteten Industriegüter insgesamt. Wie bereits in den Vorjahren wies Deutschland auch im Jahr 2019 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. Eine genauere Analyse dieser beiden Gütergruppen zeigt allerdings, dass Deutschlands komparativer Vorteil nur beim Handel mit Gütern der hochwertigen Technologie positiv war, beim Handel mit Gütern der Spitzentechnologie hingegen fiel er negativ aus, wenn auch mit einem leicht positiven Trend. 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). Im Bereich der hochwertigen Technologie wies Deutschland relativ zu den betrachteten Ländern den höchsten Wertschöpfungsanteil auf. Er betrug im Jahr 2018 9,2 Prozent. Im Bereich der Spitzentechnologie lag Deutschland mit 2,8 Prozent deutlich hinter den Spitzenreitern Südkorea (9,9 Prozent) und Schweiz (9,4 Prozent). Die wissensintensiven Dienstleistungen trugen in allen betrachteten Ländern wesentlich mehr zur nationalen Wertschöpfung bei als die forschungsintensiven Industrien. Mit einem Wertschöpfungsanteil von 25,2 Prozent spielten sie 2018 in Deutschland im Vergleich zu den anderen betrachteten Ländern (Ausnahme: Südkorea) jedoch eine geringere Rolle.

Nach dem Rückgang der Bruttowertschöpfung in den verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen im Krisenjahr 2009 ist die Wertschöpfung in Deutschland seit dem Jahr 2010 wieder kontinuierlich gestiegen (C 8-3). Dabei fiel das Wachstum in den wissensintensiven Dienstleistungen 2018 mit 3,2 Prozent allerdings geringer aus als im Jahr zuvor (4,1 Prozent). Auch bei den nicht-wissensintensiven Dienstleistungen war eine geringere Steigerung der Wertschöpfung zu verzeichnen (4,0 Prozent versus 4,5 Prozent). Während die Steigerung der Wertschöpfung auch im wissensintensiven produzierenden Gewerbe 2017 mit 4,9 Prozent höher war als 2018 (1,1 Prozent), lag sie im nicht-wissensintensiven produzierenden Gewerbe 2018 mit 4,0 Prozent über derjenigen des Vorjahres (2,5 Prozent).

Der Anstieg der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland zwischen 2009 und 2019 ist vor allem auf den Dienstleistungssektor zurückzuführen (C 8-4). In den nicht-wissensintensiven Dienstleistungen stieg die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung in diesem Zeitraum um 23,7 Prozent, in den wissensintensiven Dienstleistungen um 27,7 Prozent. Im nicht-wissensintensiven produzierenden Gewerbe erhöhte sich die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung um 10,3 Prozent, im wissensintensiven produzierenden Gewerbe um 13,0 Prozent.

Komparative Vorteile im Außenhandel mit FuE-intensiven Gütern in ausgewählten Ländern 2005–2019 als Indexwerte

Tab C 8-1

Download Daten

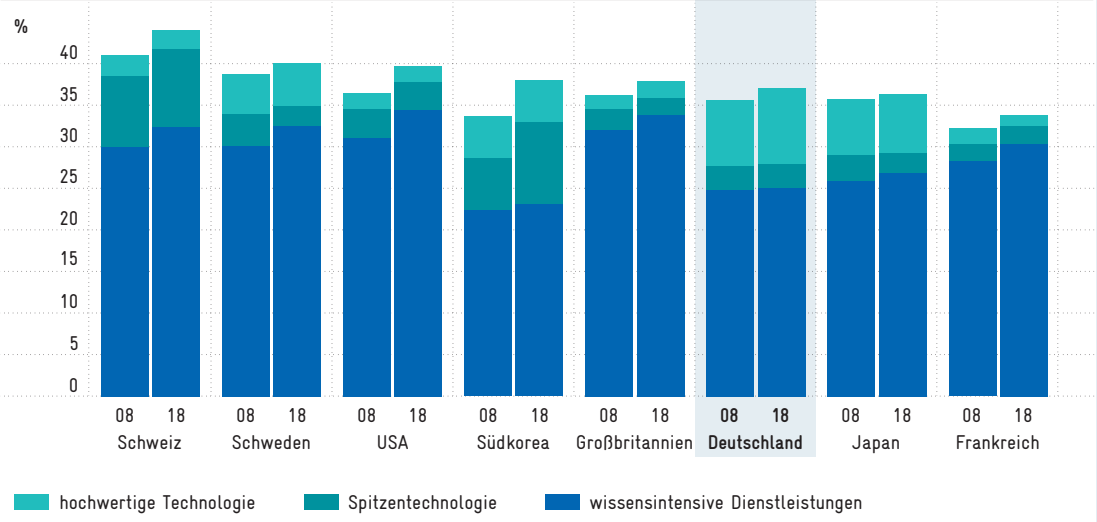
Jahr	China*	Deutschland	Frankreich	Großbritannien	Japan	Schweden	Schweiz	Südkorea	USA
				FuE-intensive Güter					
2005	-29	10	7	14	42	-1	18	17	17
2010	-27	12	6	11	33	-6	22	19	1
2015	-27	13	5	3	31	-5	28	13	2
2019	-29	10	6	17	28	0	30	12	-1
				Güter der hochwertigen Technologie					
2005	0	27	6	4	75	-2	24	11	-5
2010	-16	30	-2	15	61	-3	21	7	-10
2015	-3	27	-6	1	63	1	21	13	-14
2019	-1	19	-11	11	64	7	23	13	-17
				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
2019	-51	-15	33	27	-48	-25	44	10	23

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 November 2020. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung in ausgewählten Ländern 2008 und 2018 in Prozent

Abb C 8-2

Download Daten

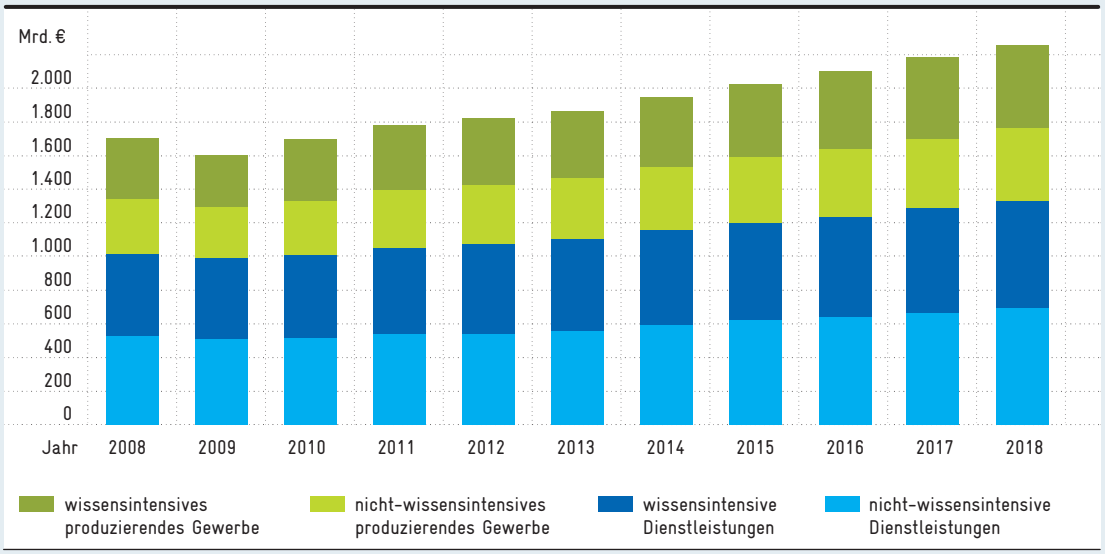


FuE-intensive Industrien (hochwertige Technologien und Spitzentechnologien) weisen eine überdurchschnittliche FuE-Intensität auf. Wissensintensive Dienstleistungen sind durch einen überdurchschnittlichen Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss gekennzeichnet.
Quelle: OECD-NA, OECD-STAN, OECD-SBS, Eurostat-NA, Eurostat-SBS, EU KLEMS. Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin in Gehrke und Schiersch (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

Abb C 8-3

Download
Daten

Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2008–2018 in Milliarden Euro



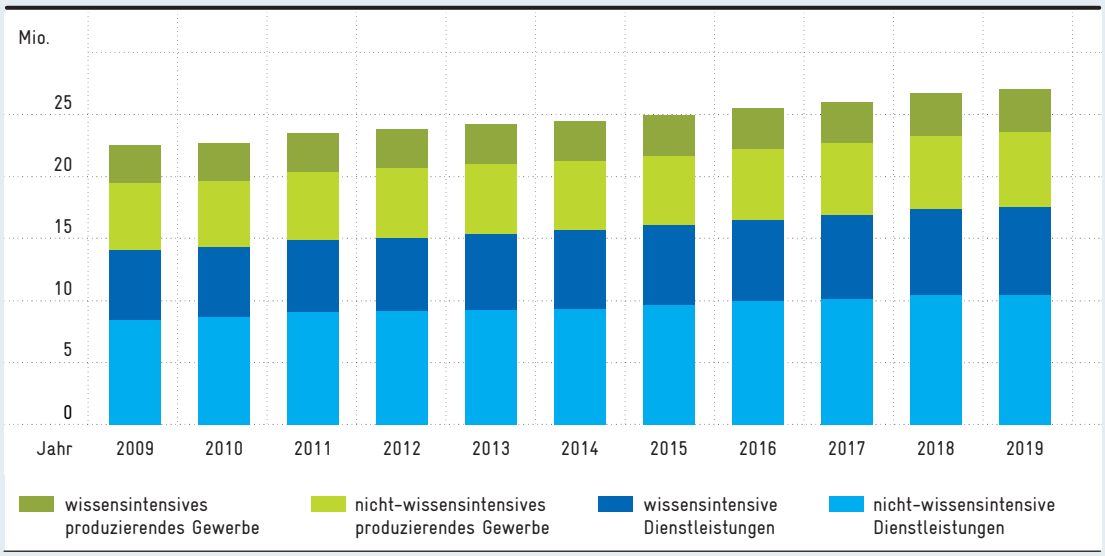
Die Bruttowertschöpfung bezeichnet die Differenz zwischen dem Gesamtwert aller produzierten Waren und Dienstleistungen und der für die Produktion erbrachten Vorleistungen.
Gewerbliche Wirtschaftsbereiche ohne Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, öffentliche Verwaltung und Dienstleistungen, Grundstücks- und Wohnungswesen, Bildung, private Haushalte, Sozialversicherungen, religiöse und andere Vereinigungen, Verbände und Gewerkschaften.
Daten ab 2015 teils revidiert.
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 18, Reihe 1.4, Rechenstand August 2020. Berechnungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

C

Abb C 8-4

Download
Daten

Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2019 in Millionen



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 Gehrke und Schiersch (2021).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2021.

VERZEICHNISSE

D

Inhalt

D 1 Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen 123

D 2 Abkürzungsverzeichnis 126

D 3 Glossar 129

D 4 Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen 134

D 5 Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem 136

D 6 Literaturverzeichnis 137

D 7 Endnotenverzeichnis 143

Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen

D 1

Abb A 1-1 21
Auswirkungen der Corona-Krise auf die Innovationstätigkeit

Abb A 1-2 22
Gründe für Beeinträchtigungen durch die Corona-Krise

Abb A 1-3 23
Positive Bewertung der Maßnahmen aus dem Zukunftspaket der Bundesregierung für die Innovationstätigkeit

Box A 1-4 25
Forschung zu SARS-CoV-2 und Corona

Abb A 1-5 25
Veröffentlichungen mit Bezug zu SARS-CoV-2 und Corona nach Ländern und Disziplinen in Prozent

Abb B 1-1 41
Ansätze der F&I-Politik im Zeitverlauf

Box B 1-2 42
Begründungen für F&I-politische Maßnahmen

Box B 1-3 44
Missionen der Hightech-Strategie 2025

Box B 1-4 47
Agilitätsausprägungen

Box B 1-5 48
Anregung der Nachfrage nach Innovationen am Praxisbeispiel des Small Business Innovation Research-Programms in den Niederlanden

Box B 1-6 49
Stärkung der Direktionalität am Praxisbeispiel von Government Foresight in Finnland

Box B 1-7 49
Verbesserung der Koordination am Praxisbeispiel der Mission Boards der Europäischen Union

Box B 1-8 50
Erhöhung der Reflexivität am Praxisbeispiel von Challenge Driven Innovation in Schweden

Abb B 2-1 58
Vorausberechnete Veränderung der Zahl der Erwerbstätigen nach Anforderungsniveaus beim Übergang zur Wirtschaft 4.0 im Vergleich zu einer Status-quo-Basisprojektion 2035 in Tausend

Box B 2-2 59
Zentrale Begriffe

Abb B 2-3 61
Teilnahmequoten an berufsbezogener Weiterbildung in Deutschland 2012–2018 in Prozent

Box B 2-4 63
Dachinitiative Berufsbildung 4.0 und Nationale Weiterbildungsstrategie

Box B 3-1 70
CRISPR/Cas

Box B 3-2 72
Entdeckung von CRISPR/Cas und Anwendungen in der medizinischen Forschung

Box B 3-3 73
Die Bedeutung von Open Science für die CRISPR/Cas-Forschung

Abb B 3-4 73
Anzahl der CRISPR/Cas-Publikationen ausgewählter Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen Q3 2012–2019

Abb B 3-5 74
Anzahl der CRISPR/Cas-Publikationen der Top-25-Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen Q3 2012–2019

Abb B 3-6 75
Anteil von Publikationen zu CRISPR/Cas der Top-25-Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen in hochzitierten Zeitschriften Q3 2012–2019

Abb B 3-7 76
Anzahl der CRISPR/Cas-Patentfamilien ausgewählter Länder und Regionen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen 1999–2018

Abb B 3-8 76
Anzahl der CRISPR/Cas-Patentfamilien der Top-20-Länder und der EU in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen 1999–2018

Abb B 3-9 77
Anteil von CRISPR/Cas-Patentfamilien, die in mindestens drei Jurisdiktionen angemeldet wurden, in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen für ausgewählte Länder und Regionen 1999-2018

Abb B 3-10 78
Anzahl der CRISPR/Cas-Unternehmen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen für ausgewählte Länder und Regionen Q2 2020

Abb B 3-11 78
Anzahl von CRISPR/Cas-Unternehmen in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen nach Anzahl von Mitarbeitenden für ausgewählte Länder und Regionen Q2 2020

Abb B 3-12 79
Anzahl registrierter klinischer Studien unter Verwendung von CRISPR/Cas nach Ländern

Box B 3-13 82
Regulierung der Embryonenforschung und der Keimbahntherapie

Abb B 3-14 83
Von der Grundlagenforschung zum Medikament

Abb C 1-1 93
Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten Ländern 2019 in Prozent

Tab C 1-2 93
Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der altersgleichen Bevölkerung im Alter von unter 25 Jahren in ausgewählten Ländern 2013–2018 in Prozent

Abb C 1-3 94
Studienberechtigte in Deutschland 1970–2030

Abb C 1-4 94
Anzahl ausländischer Studierender an deutschen Hochschulen 2009–2019

Tab C 1-5 95
Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote 2015–2019

Tab C 1-6 96
Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben 2009–2019 in Prozent

Abb C 2-1 98
FuE-Intensität in ausgewählten Ländern 2009–2019 in Prozent

Abb C 2-2 99
Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE in ausgewählten Ländern 2009–2019 als Indexwerte

Tab C 2-3 99
Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor in ausgewählten Ländern 2008 und 2018

Tab C 2-4 100
FuE-Intensität der Bundesländer und Deutschlands 2007 und 2017 in Prozent

Tab C 2-5 101
Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen sowie Größen- und Technologieklassen 2017

Abb C 2-6 102
Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen 2016–2018

Abb C 3-1 104
Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2018 in Prozent

D

Abb C 3-2 104
Innovationsintensität in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2009–2019 in Prozent

Abb C 3-3 105
Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands 2009–2019 in Prozent

Abb C 3-4 105
Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate 2010 und 2020

Abb C 4-1 107
Durch den Staat finanzierte FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2017 in Prozent

Abb C 4-2 107
Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt von ausgewählten Ländern 2018 und 2019 in Prozent

Abb C 4-3 108
Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland 2009–2019 in Milliarden Euro

Abb C 5-1 110
Gründungsraten in ausgewählten Ländern 2018 in Prozent

Abb C 5-2 110
Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2009–2019 in Prozent

Abb C 5-3 111
Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2009–2019 in Prozent

Abb C 5-4 111
Gründungsraten nach Bundesländern 2017–2019 in Prozent

Abb C 6-1 113
Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern 1997–2018

Tab C 6-2 113
Anzahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie in ausgewählten Ländern 2018

Abb C 6-3 114
Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich hochwertige Technologie 1997–2018

Abb C 6-4 114
Spezialisierungsindex in ausgewählten Ländern im Bereich Spitzentechnologie 1997–2018

Abb C 7-1 116
Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen 2009 und 2019 in Prozent

Abb C 7-2 116
Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2009 und 2017 als Indexwerte

Abb C 7-3 117
Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen 2009 und 2017 als Indexwerte

Tab C 8-1 119
Komparative Vorteile im Außenhandel mit FuE-intensiven Gütern in ausgewählten Ländern 2005–2019 als Indexwerte

Abb C 8-2 119
Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung in ausgewählten Ländern 2008 und 2018 in Prozent

Abb C 8-3 120
Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2008–2018 in Milliarden Euro

Abb C 8-4 120
Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2019 in Millionen

D 2 Abkürzungsverzeichnis

5G	fünfte Generation des Mobilfunks
AES	Adult Education Survey
AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.
AISBL	Association Internationale Sans But Lucratif
ASCOT	Technology-based Assessment of Skills and Competences in Vocational Education and Training
AVGS	Aktivierungs- und Vermittlungsgutschein
AZAV	Akkreditierungs- und Zulassungsverordnung Arbeitsförderung
BA	Bundesagentur für Arbeit
BARDA	Biomedical Advanced Research and Development Authority
BBiG	Berufsbildungsgesetz
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMFSFJ	Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend
BMI	Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BSFZ	Bescheinigungsstelle Forschungszulage
Cas	CRISPR-associated
CDI	Challenge Driven Innovation
CEPI	Coalition for Epidemic Preparedness Innovations
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
CERTQUA	Gesellschaft der Deutschen Wirtschaft zur Förderung und Zertifizierung von Qualitätssicherungssystemen in der Beruflichen Bildung mbH
ChEM-H	Chemistry, Engineering & Medicine for Human Health
CIS	Community Innovation Surveys
CLA	Classification of Learning Activities
CLAIRE	Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe
CO_2	Kohlenstoffdioxid
Covid-19	Corona Virus Disease 2019
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
CVTS	Continuing Vocational Training Survey
CWS	Center für Wirtschaftspolitische Studien
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.
DG RTD	Directorate-General for Research and Innovation
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DQR	Deutscher Qualifikationsrahmen

DZHW-ICE	Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH – Information, Controlling, Entscheidung
EASAC	European Academies Science Advisory Council
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation
E-Government	Electronic Government
ELLIS	European Laboratory for Learning and Intelligent Systems
EPA	Europäisches Patentamt
EU	Europäische Union
EXIST	EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft
F&I	Forschung und Innovation
FDA	Food and Drug Administration
FEAM	Federation of European Academies of Medicine
FRM II	Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz
FuE	Forschung und Entwicklung
FZulG	Forschungszulagengesetz
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
GenTG	Gentechnikgesetz
GERD	Gross Domestic Expenditure on Research and Development
GMP	Good Manufacturing Practice
GSC	Grand Societal Challenges
GSW	Geistes- und Sozialwissenschaften
GVO	Genetisch veränderte Organismen
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung
HIV	Humanes Immundefizienzvirus
HTF	Hightech-Forum
HTS	Hightech-Strategie
HybOrg	Entstehung und gesellschaftliche Wirkung hybrider Organisationen im lokalen Krisenmanagement
IA	Internationale Ausrichtung
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit
IAW	Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung e.V.
IBM	International Business Machines Corporation
ICDL	International Certification of Digital Literacy
IGP	Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik/-technologie
InnoVET	Zukunft gestalten – Innovationen für eine exzellente berufliche Bildung
IP	Intellectual Property, Internet-Protokoll
ISCED	International Standard Classification of Education
ISI	(Fraunhofer) Institut für System- und Innovationsforschung
ISO	International Organization for Standardization
IW	Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.
KHK	Käte Hamburger Kolleg
KI	Künstliche Intelligenz
KldB	Klassifikation der Berufe
KMK	Kultusministerkonferenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KOINNO	Kompetenzzentrum innovative Beschaffung
MBGen	Mittelständische Beteiligungsgesellschaften
MDG	Millennium Development Goal
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik
MIP	Mannheimer Innovationspanel
MSTI	Main Science and Technology Indicators
MUP	Mannheimer Unternehmenspanel

NEPS	National Educational Panel Study
NFDI	Nationale Forschungsdateninfrastruktur
NL	Netherlands
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PATSTAT	Patent Statistical Database
PCT	Patent Cooperation Treaty
PEI	Paul-Ehrlich-Institut
R&D	Research and Development
RatSWD	Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten
RCA	Revealed Comparative Advantage
RNA	Ribonukleinsäure
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 2
SBIR	Small Business Innovation Research
SDG	Sustainable Development Goal
SGB	Sozialgesetzbuch
SINTEG	Schaufenster für intelligente Energie
SoliKris	Veränderung durch Krisen? Solidarität und Entsolidarisierung in Deutschland und Europa
SUS	Strukturelle Unternehmensstatistik
TALEN	Transcription Activator-Like Effector Nuclease
ÜBS	Überbetriebliche Bildungsstätten
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
WEF	World Economic Forum
WeGebAU	Weiterbildung Geringqualifizierter und beschäftigter älterer Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in Unternehmen
WHO	World Health Organization
WIPANO	Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen
WIPO	World Intellectual Property Organization
WoS	Web of Science
WZ	Wirtschaftszweige
WZB	Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH
ZB	Zeitschriftenspezifische Beachtung
ZEW	ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

Glossar

D 3

Bildungsinländerinnen und -inländer, Bildungsausländerinnen und -ausländer
Studienanfängerinnen und -anfänger mit ausländischer Staatsangehörigkeit, die ihre Studienberechtigung in Deutschland erworben haben, werden als Bildungsinländerinnen bzw. Bildungsinländer bezeichnet; Personen mit im Ausland erworbener Studienberechtigung, die zum Studium nach Deutschland kommen, als Bildungsausländerinnen bzw. -ausländer.

Bruttoinlandsprodukt
Als Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezeichnet man den Wert aller erstellten Güter und Dienstleistungen einer Volkswirtschaft innerhalb eines Jahres. Dabei ist unerheblich, ob Inländerinnen bzw. Inländer oder Ausländerinnen bzw. Ausländer an der Herstellung des BIP beteiligt sind, es kommt nur auf den Standort der Wertschöpfung an. Das BIP ist ein Indikator für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft im internationalen Vergleich.

Dachinitiative Berufsbildung 4.0
Berufsbildung 4.0 ist eine im Jahr 2016 vom BMBF gestartete Initiative, die in Kooperation mit dem BIBB die Aktivitäten zur strukturellen und inhaltlichen Ausrichtung der beruflichen Bildung auf die Erfordernisse einer zunehmend digitalisierten und vernetzten Wirtschaft bündelt (vgl. auch Box B 2-4).

DigitalPakt Schule
Der im Mai 2019 in Kraft getretene DigitalPakt Schule ist eine Vereinbarung zwischen Bund und Ländern, mit der der Bund die Länder und Gemeinden bei Investitionen in die digitale Bildungsinfrastruktur unterstützen soll. Der Bund stellt hierfür fünf Milliarden Euro zur Verfügung. Die Länder steuern einen Eigenanteil in Höhe von mindestens 10 Prozent zur Finanzierung der mit Bundesmitteln geförderten Investitionen bei. 2020 wurde in Folge der pandemiebedingten Schulschließungen beschlossen, den DigitalPakt Schule um weitere 1,5 Milliarden Euro zu ergänzen.

Direktinvestition
Als Direktinvestitionen sind grenzüberschreitende Beteiligungen am Kapital und an den Rücklagen von Unternehmen, Zweigniederlassungen und Betriebsstätten anzusehen, sofern dem Kapitalgeber unmittelbar mindestens 10 Prozent oder mittelbar und unmittelbar zusammen mehr als 50 Prozent der Kapitalanteile oder Stimmrechte zuzurechnen sind.

Drei-Prozent-Ziel
Der Europäische Rat hat im Jahr 2002 in Barcelona beschlossen, die FuE-Ausgaben in der EU bis 2010 auf 3 Prozent des BIP zu erhöhen. Ferner sollte der private Sektor zwei Drittel dieser Ausgaben finanzieren.

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.

E-Government
E-Government (Electronic Government) steht für die Abwicklung von Regierungs- und Verwaltungsprozessen mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien über elektronische Medien. Im Rahmen von E-Government werden Behördendienstleistungen und Verwaltungsangelegenheiten digitalisiert und online angeboten.

Erstabsolventinnen und -absolventen
Bei Erstabsolventinnen und -absolventen handelt es sich um Personen, die ein Erststudium erfolgreich abgeschlossen haben.

Externalitäten
Externalitäten sind definiert als Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten auf Dritte, für die keine Kompensation geleistet wird.

Exzellenzinitiative
Die im Jahr 2017 ausgelaufene Exzellenzinitiative basierte auf einer Bund-Länder-Vereinbarung zur Förderung von Wissenschaft und Forschung an deutschen Hochschulen, die die internationale Wettbewerbsfähigkeit verbessern sollte. Die Förderung erfolgt im Rahmen von drei Förderlinien: den Graduiertenschulen, den Exzellenzclustern und den Zukunftskonzepten. Das Nachfolgeprogramm ist die Exzellenzstrategie (vgl. dort).

Exzellenzstrategie
Das unbefristete Nachfolgeprogramm für die 2017 ausgelaufene Exzellenzinitiative (vgl. dort) ist die Exzellenzstrategie. Sie umfasst zwei Förderlinien: Die Förderlinie der Exzellenzcluster soll der projektbezogenen Förderung international wettbewerbsfähiger Forschungsfelder an Universitäten bzw. Universitätsverbünden dienen. Mit der Förderlinie der Exzellenzuniversitäten sollen Universitäten bzw. Universitätsverbünde als Institutionen dauerhaft gestärkt und ihre internationale Spitzenstellung in der Forschung auf Basis erfolgreicher Exzellenzcluster ausgebaut werden.

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

Forschung und Entwicklung (FuE)
Forschung und Entwicklung (FuE) sowie Forschung und Innovation (F&I, vgl. dort) werden nicht synonym verwendet. Das sogenannte Frascati-Handbuch 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) sowie Forschung und Entwicklung (FuE, vgl. dort) werden nicht synonym 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 (Güter und Dienstleistungen) oder Prozessen.

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 der hochwertigen Technologie (vgl. dort).

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

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

Grüner Wasserstoff
Wasserstoff wird durch Elektrolyse, d. h. durch die Aufspaltung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff, gewonnen. Bei der Herstellung von grünem Wasserstoff wird für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien, wie z. B. Wind und Solarenergie, verwendet. Die Herstellung von grünem Wasserstoff erfolgt damit CO_2-frei.

Grünstrom
Als Grünstrom bzw. Ökostrom wird Strom bezeichnet, der vollständig aus erneuerbaren Energien, wie z. B. Wind und Solarenergie, gewonnen wird.

Hightech-Strategie 2025
Der Politikansatz der Bundesregierung zur Integration der Innovationsförderung über alle Bundesministerien hinweg ist die sogenannte Hightech-Strategie. Die aktuelle Hightech-Strategie (HTS) 2025 wurde vom Bundeskabinett im September 2018 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 FuE ausgegeben werden.

Initiative Future Skills
Die Initiative Future Skills ist ein gemeinschaftliches Aktionsprogramm von Wirtschaft und Zivilgesellschaft, das zum Ziel hat, die Bedingungen für den Erwerb digitaler und weiterer zukünftig relevanter Kompetenzen zu verbessern.

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

Keimbahntherapie
Unter dem Begriff Keimbahntherapie wird der Einsatz genetischen Materials zur Behandlung genetischer Erkrankungen durch Korrektur oder Ersatz eines defekten Gens in Keimzellen verstanden, der zur Folge hat, dass das eingebrachte genetische Material an die Nachfolgegenerationen weitervererbt wird.

Künstliche Intelligenz (KI)
Man unterscheidet allgemein 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.

Lock-in-Effekt
Ein Lock-in-Effekt liegt vor, wenn ein an sich ökonomisch sinnvoller Wechsel in ein neues System, etwa von einem bestimmten Internetanbieter zu einem anderen, unterbleibt. Hier liegt ein kollektives Koordinationsversagen vor: Individuell lohnt sich der Wechsel nur, wenn alle oder viele andere Nutzerinnen und Nutzer diesen Wechsel auch vollziehen. Denn erst bei der Nutzung des neues Systems durch viele ist der zu erwartende Zusatznutzen für jede Nutzerin und jeden Nutzer höher als die individuellen Kosten des Systemwechsels.

Millennium Development Goals (MDGs)
Bei den MDGs handelt es sich um acht Entwicklungsziele der Vereinten Nationen für das Jahr 2015, die im Jahr 2000 formuliert wurden. Diese sind im Einzelnen: Begrenzung von extremer Armut und Hunger; Primärschulbildung für alle; Gleichstellung der Geschlechter/Stärkung der Frauen; Senkung der Kindersterblichkeit; Verbesserung der Gesundheitsversorgung von Müttern; Bekämpfung von HIV/AIDS, Malaria und anderen schweren Krankheiten; ökologische Nachhaltigkeit; globale Partnerschaft und Entwicklung.

Multizentrische Studien
Bei multizentrischen Studien handelt es sich um Studien, die an verschiedenen Studienzentren gleichzeitig durchgeführt werden.

Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI)
Die NFDI ist eine sich derzeit im Aufbau befindliche, digitale Infrastruktur. In der NFDI werden die Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem systematisch erschlossen, (inter-)national vernetzt und nachhaltig gesichert sowie qualitativ nutzbar gemacht.

Nationale Wasserstoffstrategie
Mit der im Juni 2020 verabschiedeten Nationalen Wasserstoffstrategie schafft die Bundesregierung einen Handlungsrahmen für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und Weiterverwendung von Wasserstoff. Darüber hinaus werden darin Schritte definiert, die notwendig sind, um zur Erreichung der Klimaziele beizutragen und neue Wertschöpfungsketten für die deutsche Wirtschaft zu schaffen.

Nationale Weiterbildungsstrategie
Die Nationale Weiterbildungsstrategie wurde im Juni 2019 von BMAS und BMBF gemeinsam mit den Ländern, der Wirtschaft, den Gewerkschaften und der Bundesagentur für Arbeit verabschiedet. Sie bündelt die Aktivitäten des Bundes und der Länder im Bereich der berufsbezogenen Weiterbildung und soll den Grundstein für eine neue Weiterbildungskultur legen (vgl. auch Box B 2-4).

Neue Missionsorientierung
Die Neue Missionsorientierung ist ein Ansatz der F&I-Politik, der auf die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen gerichtet ist sowie auf einen transformativen Wandel der Wirtschaft und Gesellschaft abzielt. Dazu werden sogenannte Missionen formuliert, die konkrete Transformationsziele beinhalten und durch F&I-politische und dazu komplementäre politische Maßnahmen verfolgt werden sollen.

Neuronale KI
Siehe Künstliche Intelligenz (KI).

Off-Target-Effekte
Mit Hilfe von CRISPR/Cas können gezielt Veränderungen an vorher definierten Stellen der DNA vorgenommen werden. Von Off-Target-Effekten spricht man, wenn die DNA auch noch an anderen Stellen im Genom zerschnitten wird, die der eigentlichen Zielsequenz ähnlich, aber selbst nicht Ziel der Intervention sind.

Open Access
Unter Open Access versteht man den kostenlosen Zugang zu wissenschaftlichen Ergebnissen im Internet.

Open Government Data
Open Government Data (deutsch: offene Regierungs- und Verwaltungs-Daten) bezeichnet Datenbestände, die Dritten zur Weiterverwendung und Weiterverbreitung zur Verfügung gestellt werden. Ob die bereitgestellten Daten als offen bezeichnet werden können, ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie der Zugänglichkeit, den Formaten und den rechtlichen Bedingungen, unter denen die Daten genutzt werden dürfen. Ausgeklammert von der öffentlichen Nutzung sind datenschutz- und sicherheitsrelevante Daten.

Open Science
Open Science beschreibt das Bestreben, den freien Zugang zu wissenschaftlichen Ergebnissen zu ermöglichen und sie dadurch nachnutzbar und nachvollziehbar zu machen, z. B. durch Open Data oder Open Access.

Patentfamilie
Eine Patentfamilie bezeichnet eine Gruppe von Patenten oder Patentanmeldungen, die direkt oder indirekt durch eine gemeinsame Priorität miteinander verbunden sind, mindestens eine gemeinsame Priorität haben oder genau dieselbe Priorität oder Kombination von Prioritäten aufweisen.

Policy Mix
Der Policy Mix beschreibt eine Kombination von aufeinander abgestimmten politischen Maßnahmen und Initiativen.

Randomisierte Verfahren
Randomisierte Verfahren dienen der Ermittlung kausaler Effekte von Maßnahmen, bei denen die Einteilung der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer in eine Behandlungs- und eine Kontrollgruppe nach dem Zufallsprinzip erfolgt. Dies stellt sicher, dass sich Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Behandlungs- und der Kontrollgruppe lediglich durch die Maßnahme unterscheiden.

Rote Biotechnologie
Die rote Biotechnologie bezeichnet einen Bereich der Biotechnologie, der sich schwerpunktmäßig mit der Forschung und Entwicklung medizinisch relevanter Produkte wie Medikamenten, Therapieformen etc. beschäftigt.

Schließungsrate
Den Anteil stillgelegter Unternehmen an der Zahl der im Jahresdurchschnitt in einem Land aktiven Unternehmen (Unternehmensbestand) bezeichnet man als Schließungsrate.

Schlüsseltechnologien
Schlüsseltechnologien zeichnen sich durch eine hohe Anwendungsbreite und ein hohes innovatives Potenzial aus.

Somatische Therapie
Unter dem Begriff somatische (Gen-)Therapie wird der Einsatz genetischen Materials zur Behandlung genetischer Erkrankungen durch Korrektur oder Ersatz eines defekten Gens verstanden. Die ausgelösten genetischen Veränderungen betreffen dabei nur das therapierte Individuum und werden nicht weitervererbt.

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 (FuE, vgl. dort) aufgewendet werden.

Start-ups
Start-ups sind neu gegründete Unternehmen mit einer innovativen Geschäftsidee.

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.

Symbolische KI
Siehe Künstliche Intelligenz (KI).

Transformationsversagen
Innovationen können grundsätzlich dazu beitragen, gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen, und somit einen transformativen Wandel zur Erreichung gesellschaftlich erwünschter Ziele ermöglichen und beschleunigen. Es existieren jedoch verschiedene Formen des Transformationsversagens, die dazu führen, dass entsprechende Innovationen nicht getätigt werden bzw. nicht in ausreichendem Maße in die Anwendung kommen (vgl. hierzu im Einzelnen Box B 1-2).

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.

Wagniskapital
Unter Wagnis- oder Risikokapital, auch Venture Capital 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 Kapitalgeber 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.

Wissens-Spillover
Bei F&I-Aktivitäten treten Externalitäten in Form von Wissens-Spillover auf, die der Wissensproduzent nicht verhindern kann. So können Wettbewerber durch Inspektion eines innovativen Produktes an Wissen gelangen, ohne selbst die vollen Kosten für die Wissensproduktion tragen zu müssen. In diesem Fall weichen die privaten Erträge der Innovation von den gesellschaftlichen Erträgen ab, und der Innovator wird – aus gesellschaftlicher Sicht – zu wenig in die Wissensproduktion investieren.

Wissensintensive Dienstleistungen
Wissensintensive Dienstleistungen zeichnen sich im Wesentlichen dadurch aus, dass der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss überdurchschnittlich hoch ist.

Wissenswirtschaft
Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien (vgl. dort) und die wissensintensiven Dienstleistungen (vgl. dort).

Zukunftsfonds
Im November 2019 beschloss der Koalitionsausschuss, zehn Milliarden Euro für einen sogenannten Zukunftsfonds zur Verfügung zu stellen. Mit der Verabschiedung des Haushaltsgesetzes 2021 wurden die entsprechenden Mittel für einen Zehnjahreszeitraum zur Verfügung gestellt. Bei der Umsetzung des Zukunftsfonds ist es vorgesehen, sowohl bestehende Finanzierungsangebote quantitativ und qualitativ auszubauen als auch neue Instrumente zu entwickeln.

Zukunftspaket
Das Zukunftspaket ist ein Bestandteil des von der Bundesregierung zur Bewältigung der Corona-Krise verabschiedeten Konjunkturpakets. Es zielt insbesondere darauf ab, Zukunftsinvestitionen und Investitionen in Klimatechnologien zu fördern und Innovationen u.a. in den Bereichen Wasserstoffwirtschaft, Quantentechnologie und künstliche Intelligenz voranzubringen.

D 4 Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen[353]

FuE-intensive Industriezweige WZ 2008 (4-stellige Klassen)

Spitzentechnologie

20.20 Herstellung von Schädlingsbekämpfungs-, 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 Bekleidungsherstellung und die Lederverarbeitung
28.95 Herstellung von Maschinen für die Papiererzeugung 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

Schwerpunkt Kommunikation

611 Leitungsgebundene Telekommunikation
612 Drahtlose Telekommunikation
613 Satellitentelekommunikation
619 Sonstige Telekommunikation
620 Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
631 Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale
639 Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen
Schwerpunkt technische Beratung und Forschung
711 Architektur- und Ingenieurbüros
712 Technische, physikalische und chemische Untersuchung
721 Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin
749 Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten, anderweitig nicht genannt

Schwerpunkt nichttechnische Beratung und Forschung

691 Rechtsberatung
692 Wirtschaftsprüfung und Steuerberatung; Buchführung
701 Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben
702 Public-Relations- und Unternehmensberatung
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

Schwerpunkt Medien und Kultur

581 Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen
582 Verlegen von Software
591 Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos
592 Tonstudios; Herstellung von Hörfunkbeiträgen; Verlegen von bespielten Tonträgern und Musikalien
601 Hörfunkveranstalter
602 Fernsehveranstalter
741 Ateliers für Textil-, Schmuck-, Grafik- und ähnliches Design
743 Übersetzen und Dolmetschen
823 Messe-, Ausstellungs- und Kongressveranstalter
900 Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten
910 Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten

Schwerpunkt Gesundheit

750 Veterinärwesen
861 Krankenhäuser
862 Arzt- und Zahnarztpraxen
869 Gesundheitswesen, anderweitig nicht genannt

D 5 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.

1-2021
Gehrke, B.; Kerst, C.; Wieck, M.; Weilage, I. (2021): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Fortschreibung der Indikatoren. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

2-2021
Schasse, U. (2021): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

3-2021
Bersch, J.; Berger, M.; Füner, L. (2021): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2019. 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.

4-2021
Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Feidenheimer, A. (2021): Patent applications – Structures, trends and recent developments 2020. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

5-2021
Stephen, D.; Stahlschmidt, S. (2021): Performance and structures of the German science system 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

6-2021
Gehrke, B.; Schiersch, A. (2021): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

7-2021
Polt, W.; Ploder, M.; Breitfuss, M.; Daimer, S.; Jackwerth, T., Zielinski, A. (2021): Politikstile und Politikinstrumente in der F&I-Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

8-2021
Weber, M.; Biegelbauer, P.; Brodnik, C.; Dachs, B.; Dreher, C.; Kovac, M.; Pulenkova, E.; Schartinger, D.; Schwäbe, C. (2021): Agilität in der F&I-Politik: Konzept, Definition, Operationalisierung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

9-2021
Bachmann, R.; Bode, E.; Görg, H.; Schmidpeter, B. (2021): Veränderungen von Tätigkeitsprofilen im Zuge des digitalen Wandels in Deutschland. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

10-2021
Kirchmann, A.; Laub, N.; Maier, A.; Zühlke, A.; Boockmann, B. (2021): Technologische Innovationen und Wandel der Arbeitswelt in Deutschland: Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung sowie die Re-Qualifizierung im Zuge des digitalen Wandels. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

11-2021
Elsner, M. (2021): Aktueller Stand der CRISPR-Technologie – Potenziale und Herausforderungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

12-2021
Zyontz, S.; Pomeroy-Carter, C. (2021): Mapping of the research, innovation and diffusion activity of CRISPR across countries. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

13-2021
Dederer, H.-G.; Frenken, G. (2021): Genom-Editierung am Menschen. Vergleich der regulatorischen Rahmenbedingungen für CRISPR-Gen-Editierung und ihre Auswirkungen auf Forschung und Innovation. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

Literatur-verzeichnis

D 6

A

Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2017): Innovationspotenziale der Biotechnologie (acatech Impuls). München: acatech.

Acemoglu, D.; Autor, D.H. (2011): Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. In: Ashenfelter, O.; Card, D.: Handbook of Labor Economics. Amsterdam: Elsevier.

Acemoglu, D.; Restrepo, P. (2018a): Artificial intelligence, automation, and work. In: Agrawal, A.; Gans, J.; Goldfarb, A.: The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. Chicago and London: The University of Chicago Press.

Acemoglu, D.; Restrepo, P. (2018b): Low-skill and high-skill automation. Journal of Human Capital. 12(2). S. 204–232.

Acemoglu, D.; Restrepo, P. (2018c): The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. American Economic Review. 108(6). S. 1488–1542.

Acemoglu, D.; Restrepo, P. (2020): Robots and jobs: Evidence from US labor markets. Journal of Political Economy. 128(6). S. 2188–2244.

Almlund, M.; Duckworth, A.L.; Heckman, J.J.; Kautz, T. (2011): Personality psychology and economics. In: Hanushek, E.A.; Machin, S.; Woessmann, L.: Handbook of the Economics of Education. Amsterdam: Elsevier.

Arntz, M.; Gregory, T.; Janssen, S.; Zierahn, U. (2016): Tätigkeitswandel und Weiterbildungsbedarf in der digitalen Transformation. Im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaft. Mannheim: ZEW.

Arntz, M.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2017): Revisiting the risk of automation. Economics Letters. 159. S. 157–160.

Autor, D.H.; Levy, F.; Murnane, R.J. (2003): The skill content of recent technological change. An empirical exploration. The Quarterly Journal of Economics. 118(4). S. 1279–1333.

Autor, D.H.; Salomons, A. (2018): Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. Brookings Papers on Economic Activity. 2018(1). S. 1–87.

Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020): Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt. Bielefeld: Autorengruppe Bildungsberichterstattung.

B

Bachmann, R.; Bode, E.; Görg, H.; Schmidpeter, B. (2021): Veränderungen von Tätigkeitsprofilen im Zuge des digitalen Wandels in Deutschland. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2021. Berlin: EFI.

Bachmann, R.; Cim, M.; Green, C. (2019): Long-run patterns of labour market polarization: Evidence from German micro data. British Journal of Industrial Relations. 57(2). S. 350–376.

Bauernhansl, T.; Brecher, C.; Drossel, W.-G. (2019): Biointelligenz. Eine neue Perspektive für nachhaltige industrielle Wertschöpfung. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Bersch, J.; Berger, M.; Füner, L. (2021): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2019. Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2021. Berlin: EFI.

Bertschek, I.; Bonin, H.; Cantner, U.; Häussler, C.; Hölzle, K.; Requate, T. (2020a): Corona-Krise: Bund und Länder müssen die Arbeitsfähigkeit des Wissenschaftssystems sicherstellen. Policy Brief. Nr. 1-2020. Berlin: EFI.

Bertschek, I.; Bonin, H.; Cantner, U.; Häussler, C.; Hölzle, K.; Requate, T. (2020b): Corona-Shutdown und wirtschaftliches Wiederhochfahren. Mit kluger Forschungs- und Innovationspolitik aus der Coronakrise. Policy Brief. Nr. 3-2020. Berlin: EFI.

Bertschek, I.; Bonin, H.; Cantner, U.; Häussler, C.; Hölzle, K.; Requate, T. (2020c): Kleine und mittlere Unternehmen unterstützen. Forschungszulage an die Erfordernisse der Corona-Krise anpassen. Policy Brief. Nr. 4-2020. Berlin: EFI.

Bessen, J.E. (2019): Automation and jobs: When technology boosts employment. Economic Policy. 34(100). S. 589–626.

BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2018a): Ausbildung Gestalten. Industrielle Metallberufe. Bonn: BIBB.

BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2018b): Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2018. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung. Bonn: BIBB.

BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2019a): Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2019. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung. Bonn: BIBB.

BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2019b): Qualitätssicherung in der Weiterbildung. Bonn: BIBB.

BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2020): Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2020. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung. Bonn: BIBB.

Blind, K. (2002): Normen als Indikatoren für die Diffusion neuer Technologien. Endbericht für das BMBF. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Bloom, N.; Jones, C.I.; van Reenen, J.; Webb, M. (2020): Are ideas getting harder to find? American Economic Review. 110(4). S. 1104–1044.

Bloom, N.; van Reenen, J.; Williams, H. (2019): A toolkit of policies to promote innovation. Journal of Economic Perspectives. 33(3). S. 163–184.

BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2020a): Bekanntmachung Förderrichtlinie für das Bundesprogramm „Aufbau von Weiterbildungsverbünden“. Vom 17. Juni 2020. Berlin: BMAS.

BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2020b): Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur Förderung der beruflichen Weiterbildung im Strukturwandel und zur Weiterentwicklung der Ausbildungsförderung. Berlin: BMAS.

BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales; BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019): Nationale Weiterbildungsstrategie. Berlin/Bonn: BMAS und BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2006): Die Hightech-Strategie für Deutschland. Berlin/Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Ideen. Innovation. Wachstum – Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Berlin/Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016a): Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016b): Evaluation des Berufsbildungsgesetzes (BBiG). Evaluierungsbericht. Berlin/Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Berufsbildung 4.0 – den digitalen Wandel gestalten. Programme und Initiativen des BMBF. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019a): Ausbildung im digitalen Wandel. Strategien für kleine und mittlere Unternehmen. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019b): Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen. Die Digitalstrategie des BMBF. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019c): Weiterbildungsverhalten in Deutschland 2018. Ergebnisse des Adult Education Survey – AES-Trendbericht. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019d): Zweite Richtlinie zur Förderung von Digitalisierung in überbetrieblichen Berufsbildungsstätten (ÜBS) und Kompetenzzentren (Sonderprogramm ÜBS-Digitalisierung, Phase II). Vom 13. Juni 2019. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021): Karliczek: Weiterer Schub für COVID-19-Medikamentenforschung. Pressemitteilung vom 6.1.2021.

BMFSFJ – Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (2016): Digitalisierung – Chancen und Herausforderungen für die partnerschaftliche Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Expertise der Roland Berger GmbH im Rahmen des Unternehmensprogramms Erfolgsfaktor Familie. Berlin: BMFSFJ.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020a): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b): Maßnahmenpaket für Unternehmen gegen die Folgen des Coronavirus. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020c): Reallabore – Innovation ermöglichen und Regulierung weiterentwickeln. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020d): Zukunftsfonds startet mit 10 Mrd. Euro: „Setzen damit den Benchmark in Europa“. Pressemitteilung vom 11.12.2020.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; BMF – Bundesministerium der Finanzen (2020): Bund stärkt die Rekapitalisierung von kleinen und mittelständischen Unternehmen während der Corona-Krise. Pressemitteilung vom 26.11.2020.

Bonin, H.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. ZEW Kurzexpertise Nr. 57. Mannheim: ZEW.

Brandt, J.C.; Bullinger, A.; Duisberg, A. (2019): Reallabore als Testräume für Innovation und Regulierung – Ein Leitfaden für Verwaltungen und Unternehmen. Düsseldorf/München: VDI Technologiezentrum und Bird&Bird.

Brynjolfsson, E.; McAfee, A.P. (2011): Race against the machine. How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy. Lexington, Massachusetts: Digital Frontier Press.

Bührlen, B.; Vollmar, H.C.; Georgieff, P. (2010): Stand und Bedingungen klinischer Forschung in Deutschland und im Vergleich zu anderen Ländern unter besonderer Berücksichtigung nichtkommerzieller Studien. Innovationsreport. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

Bundesanzeiger (2018): Gesetz zur Stärkung der Chancen für Qualifizierung und für mehr Schutz in der Arbeitslosenversicherung (Qualifizierungschancengesetz). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 48.

Bundesanzeiger (2020): Richtlinie „Gesellschaft der Ideen – Wettbewerb für Soziale Innovationen“. Förderung der Entwicklung von Sozialen Innovationen. Vom 23. April 2020.

C

Cantner, U.; Vannuccini, S. (2018): Elements of a Schumpeterian catalytic research and innovation policy. Industrial and Corporate Change. 27(5). S. 833–850.

Cardon, D.; Cointet, J.-P.; Mazières, A. (2018): La revanche des neurones. Réseaux. 211(5). S. 173–220.

Cathomen, T.; Puchta, H. (2018): CRISPR/Cas9 – Einschneidende Revolution in der Gentechnik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Cong, L.; Ran, F.A.; Cox, D.; Lin, S.; Barretto, R.; Habib, N.; Hsu, P.D.; Wu, X.; Jiang, W.; Marraffini, L.A.; Zhang, F. (2013): Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. Science. 339(6121). S. 819–823.

CRISPR Therapeutics; Vertex (2019): CRISPR Therapeutics and Vertex announce positive safety and efficacy data from first two patients treated with investigational CRISPR/Cas9 Gene-Editing Therapy CTX001® for severe hemoglobinopathies. Pressemitteilung vom 19.11.2019.

Cyranoski, D. (2020): What CRISPR-baby prison sentences mean for research. Nature. 577(7789). S. 154–155.

D

Dauth, W.; Findeisen, S.; Südekum, J.; Wößner, N. (2017): German robots: The impact of industrial robots on workers. IAB discussion paper. 30/2017. Nürnberg: IAB.

Dederer, H.-G.; Frenken, G. (2021): Genom-Editierung am Menschen. Vergleich der regulatorischen Rahmenbedingungen für CRISPR-Gen-Editierung und ihre Auswirkungen auf Forschung und Innovation. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 13-2021. Berlin: EFI.

Dekker, C. (2013): SBIR: Öffentliche Beschaffung von Innovationen in den Niederlanden. ifo Schnelldienst. 66(5). S. 11–13.

Deutscher Bundestag (2017): Zur Anwendung von Gentechnik in der Medizin. „Rote Gentechnik“. Berlin: Deutscher Bundestag.

Deutscher Bundestag (2019a): Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen. Brennstoffemissionshandelsgesetz – BEHG.

Deutscher Bundestag (2019b): Gesetz zur steuerlichen Förderung von Forschung und Entwicklung – Forschungszulagengesetz. FZulG.

Deutscher Bundestag (2020): Zweites Gesetz zur Umsetzung steuerlicher Hilfsmaßnahmen zur Bewältigung der Corona-Krise (Zweites Corona-Steuerhilfegesetz).

Deutscher Ethikrat (2019): Eingriffe in die menschliche Keimbahn. Stellungnahme. Berlin: Deutscher Ethikrat.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2020): Der Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI). Zweite Stellungnahme des NFDI-Expertengremiums. Bonn: DFG.

Die Bundesregierung (2014): Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland. Berlin/Bonn: Die Bundesregierung.

Die Bundesregierung (2018): Forschung und Innovation für die Menschen – Die Hightech-Strategie 2025. Berlin: Die Bundesregierung.

Die Bundesregierung (2019): Strategie zur gezielten Gewinnung von Fachkräften aus Drittstaaten. Fachkräftegewinnungs-Strategie. Berlin: Die Bundesregierung.

Die Bundesregierung (2020): Fünfzehnte Verordnung zur Änderung der Außenwirtschaftsverordnung. 15. AWVÄndV.

Doudna, J.A. (2020): The promise and challenge of therapeutic genome editing. Nature. 578(7794). S. 229–236.

E

EASAC – European Academies' Science Advisory Council; FEAM – Federation of European Academies of Medicine (2020): Challenges and potential in regenerative medicine. A joint report from EASAC and FEAM. Science advice for the benefit of Europe. Halle (Saale), Brussels: EASAC; FEAM.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2008): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2008. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2010): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2010. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2011): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2011. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2012): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2012. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2016): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2017): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2017. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2018): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018. Berlin: EFI.

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.

Elsner, M. (2021): Aktueller Stand der CRISPR-Technologie. Potenziale und Herausforderungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 11-2021. Berlin: EFI.

Esser, F.H.; Helmrich, R.; Härtel, M.; Padur, T.; Zinke, G. (2016): Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen. Bonn: BMBF/BIBB.

Eurofound (2015): Upgrading or polarisation? Long-term and global shifts in the employment structure: European Jobs Monitor 2015. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Europäisches Parlament; Europäischer Rat (2019): Verordnung (EU) 2019/452 zur Schaffung eines Rahmens für die Überprüfung ausländischer Direktinvestitionen in der Union.

F

Fedorets, A. (2019): Changes in occupational tasks and their association with individual wages and occupational mobility. German Economic Review. 20(4). e295-e328.

Fier, A.; Harhoff, D. (2002): Die Evolution der bundesdeutschen Forschungs- und Technologiepolitik; Rückblick und Bestandsaufnahme. Perspektiven der Wirtschaftspolitik. 3(3). S. 279–301.

Flake, R.; Meinhard, D.B.; Werner, D. (2019): Digitalisierung in der dualen Berufsausbildung: Umsetzungsstand, Modernisierungs- und Unterstützungsbedarf in Betrieben. IW-Trends. 2/2019. Köln: IW.

Flüter-Hoffmann, C.; Kurtenacker, A. (2020): Fast drei Millionen Behinderte erwerbstätig – Schub für Inklusion durch Digitalisierung. IW-Kurzbericht. 54/2020. Köln: IW.

Fraunhofer – Fraunhofer-Gesellschaft (2019): IBM und Fraunhofer treiben mit einer gemeinsamen Initiative Quantencomputing in Europa voran. Erste Installation eines physischen IBM Quanten Computers in Europa. Pressemitteilung vom 11.9.2019.

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

Fröndhoff, B.; Hofmann, S.; Jahn, T.; Ivanov, A.; Telgheder, M.; Kort; K.; Hua, S. (2019): Genschere Crispr: So lässt sich das eigene Erbgut verändern. Handelsblatt.

G

Gassler, H.; Polt, W.; Rammer, C. (2006): Schwerpunktsetzungen in der Forschungs- und Technologiepolitik – eine Analyse der Paradigmenwechsel seit 1945. Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft. 35(1). S. 7–23.

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.

Gehrke, B.; Kerst, C.; Wieck, M.; Trommer, M.; Weilage, I. (2019): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019. Fortschreibung der Indikatoren mit ergänzenden Analysen zu Hochschulen in privater Trägerschaft und zur Digitalisierung in der betrieblichen Weiterbildung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 1-2019. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Schasse, U.; Belitz, H.; Eckl, V.; Stenke, G. (2020): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2020. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Kerst, C.; Wieck, M.; Weilage, I. (2021): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 1-2021. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Schiersch, A. (2021): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2021. Berlin: EFI.

Gesamtmetall; IG Metall – Industriegewerkschaft Metall; VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.; ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (2017): Ausbildung und Qualifizierung für Industrie 4.0 – Den Wandel erfolgreich gestalten. Agiles Verfahren. Handlungsempfehlungen der Sozialpartner. Berlin/Frankfurt am Main: Gesamtmetall, IG Metall, VDMA und ZVEI.

Giuliani, E. (2018): Regulating global capitalism amid rampant corporate wrongdoing. Reply to "Three frames for innovation policy". Research Policy. 47(9). S. 1577–1582.

Goos, M.; Manning, A.; Salomons, A. (2014): Explaining job polarization: Routine-based technological change and offshoring. American Economic Review. 104(8). S. 2509–2526.

Gordon, R.J.; Sayed, H. (2020): Transatlantic technologies: the role of ICT in the evolution of U.S. and European productivity growth. NBER Working Paper. 27425. Cambridge, MA: NBER.

Gregory, T.; Salomons, A.; Zierahn, U. (2019): Racing with or against the machine? Evidence from Europe. IZA Discussion Paper. 12063. Bonn: IZA.

H

Haddad, C.; Nakić, V.; Bergek, A.; Hellsmark, H. (2019): The policymaking process of transformative innovation policy: a systematic review. 4th International Conference on Public Policy. Montréal: ICPP4.

Heß, P.; Janssen, S.; Leber, U. (2019): Digitalisierung und berufliche Weiterbildung. Beschäftigte, deren Tätigkeiten durch Technologien ersetzbar sind, bilden sich seltener weiter. IAB-Kurzbericht. 16/2019. Nürnberg: IAB.

Hightech-Forum (2020): Innovation und Qualifikation. Ein Impulspapier aus dem Hightech-Forum. Berlin: Hightech-Forum.

Huber, M.; Huth, M.; Alsabah, N. (2020): KI-Forschung in Deutschland – Der schwere Weg zu 100 neuen KI-Professuren. Impulspapier. Berlin: BITKOM.

Hüther, M. (2020): Potenziale und Umsetzung der Digitalisierung auf Unternehmensebene. Wirtschaftsdienst. 100(13). S. 12–19.

IG Metall – Industriegewerkschaft Metall (o.J.): Das Transformationskurzarbeitergeld. Ein Vorschlag der IG Metall zur Beschäftigungssicherung und Stärkung von Qualifizierung im Betrieb. Frankfurt am Main: IG Metall.

IOM – Institute of Medicine (2010): Transforming clinical research in the United States. Washington, D.C: IOM.

ISO – International Organization for Standardization (2011): Annual Report 2010. It's all about the people. Genf: ISO.

J

Janssen, S.; Leber, U. (2015): Weiterbildung in Deutschland. Engagement der Betriebe steigt weiter. IAB-Kurzbericht. 13/2015. Nürnberg: IAB.

Janssen, S.; Leber, U.; Arntz, M.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2018): Betriebe und Arbeitswelt 4.0. Mit Investitionen in die Digitalisierung steigt auch die Weiterbildung. IAB-Kurzbericht. 26/2018. Nürnberg: IAB.

Jinek, M.; Chylinski, K.; Fonfara, I.; Hauer, M.; Doudna, J.A.; Charpentier, E. (2012): A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. Science. 337(6096). S. 816–821.

K

Kagermann, H.; Süssenguth, F.; Liepold, A.; Körner, J. (2020): Innovationspotenziale der Quantentechnologien der zweiten Generation. (acatech IMPULS). acatech IMPULS. München: acatech.

Kamens, J. (2015): The Addgene repository. An international nonprofit plasmid and data resource. Nucleic acids research. 43 (Database issue). D1152-7.

KfW Research (2020): KfW Venture Capital Studie 2020. VC-Markt in Deutschland: Reif für den nächsten Entwicklungsschritt. Frankfurt: KfW Bankengruppe.

Kirchmann, A.; Laub, N.; Maier, A.; Zühlke, A.; Boockmann, B. (2021): Technologische Innovationen und Wandel der Arbeitswelt in Deutschland: Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung sowie die Re-Qualifizierung im Zuge des digitalen Wandels. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 10-2021. Berlin: EFI.

Köhler-Geib, F. (2020): Die Krise als Katalysator für nachhaltigeres Wirtschaften. Frankfurt: KfW Research.

Kuhlmann, S.; Stegmaier, P.; Konrad, K. (2019): The tentative governance of emerging science and technology. A conceptual introduction. Research Policy. 48(5). S. 1091–1097.

L

LaManna, C.M.; Barrangou, R. (2018): Enabling the rise of a CRISPR world. The CRISPR journal. 1. S. 205–208.

Lander, E.S.; Baylis, F.; Zhang, F.; Charpentier, E.; Berg, P.; Bourgain, C.; Friedrich, B.; Joung, J.K.; Li, J.; Liu, D. (2019): Adopt a moratorium on heritable genome editing. Nature. 567(7747). S. 165–168.

Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina; DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft; acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Akademienunion – Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2015): Chancen und Grenzen des genome editing. Stellungnahme. Halle (Saale): Leopoldina; DFG; acatech; Akademienunion.

Lücke, J.; Bädeker, M.; Hildinger, M. (2020): Biotech-Report. Medizinische Biotechnologie in Deutschland 2020. Biopharmazeutika: Wirtschaftsdaten und Fortschritte für Patienten durch Zell- und Gentherapie. München: Boston Consulting Group, vfa bio.

M

Maier, T.; Neuber-Pohl, C.; Mönnig, A.; Zika, G.; Kalinowski, M. (2017): Modelling reallocation processes in long-term labour market projections. Journal of Labour Market Research. 50. S. 67–90.

Maier, T.; Zika, G.; Wolter, M.I.; Kalinowski, M.; Helmrich, R. (2014): Engpässe im mittleren Qualifikationsbereich trotz erhöhter Zuwanderung. Aktuelle Ergebnisse der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis zum Jahr 2030 unter Berücksichtigung von Lohnentwicklungen und beruflicher Flexibilität. BIBB-Report. 23/2014. Bonn: BIBB.

Mali, P.; Yang, L.; Esvelt, K.M.; Aach, J.; Guell, M.; DiCarlo, J.E.; Norville, J.E.; Church, G.M. (2013): RNA-guided human genome engineering via Cas9. Science. 339 (6121). S. 823–826.

Marinescu, I.; Klein, N.; Chamberlain, A.; Smart, M. (2018): Incentives can reduce bias in online reviews. IZA Discussion Paper. 11367. Bonn: IZA.

Martin-Laffon, J.; Kuntz, M.; Ricroch, A.E. (2019): Worldwide CRISPR patent landscape shows strong geographical biases. Nature biotechnology. 37(6). S. 613–620.

Matthes, J. (2020): Unternehmensübernahmen und Technologietransfer durch China. Gefahrenpotenziale und Gegenmaßnahmen. IW-Report. 34/2020. Köln: IW.

Mazzucato, M. (2015): The entrepreneurial state. Debunking public vs. private sector myths. New York, NY: PublicAffairs.

Mazzucato, M. (2018): Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change. 27(5). S. 803–815.

Meyer, B.; Lutz, C.; Schnur, P.; Zika, G. (2007): National economic policy simulations with global interdependencies: A sensitivity analysis for Germany. Economic Systems Research. 19(1). S. 37–55.

Mühlbäck, A.; Lindenberg, K.S.; Saft, C.; Priller, J.; Landwehrmeyer, G.B. (2020): Genselektive Therapieansätze bei der Huntington-Krankheit. Der Nervenarzt. 91(4). S. 303–311.

Müller, B.; Bersch, J.; Niefert, M.; Rammer, C. (2013): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2011, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, 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.

N

Nedelkoska, L.; Quintini, G. (2018): Automation, skills use and training. OECD Social, Employment and Migration Working Papers. 202. Paris: OECD Publishing.

Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Feidenheimer, A. (2021): Patent applications – Structures, trends and recent developments 2020. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2021. Berlin: EFI.

NL Agency; Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation (2011): SBIR. The power of public procurement: innovative solutions to societal challenges. The Hague: NL Agency and Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation.

O

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2015): Achieving public sector agility at times of fiscal consolidation. OECD Publishing. Paris: OECD.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2018): Empowering women in the digital Age. Where do we stand? New York City: OECD.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2019): OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work. Paris: OECD.

P

Paulus, W.; Matthes, B. (2013): Klassifikation der Berufe. Struktur, Codierung und Umsteigeschlüssel. FDZ-Methodenreport. 08/2013. Nürnberg: IAB.

Pfeiffer, I.; Dauser, D.; Gagern, S.; Hauenstein, T.; Kreider, I.; Wolf, M. (2019): Weiterbildungsförderung in Deutschland. Bestandsaufnahme und Analyse aktuell genutzter Instrumente. f-bb-Dossier. 01/2019. Nürnberg: f-bb.

Plattform Industrie 4.0 (2019): Agiles Arbeiten. Berlin: Plattform Industrie 4.0.

Polt, W.; Breitfuss, M.; Daimer, S.; Jackwerth, T.; Ploder, M.; Zielinski, A. (2021): Politikstile und Politikinstrumente in der F&I-Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 7-2021. Berlin: EFI.

R

Rammer, C.; Doherr, T.; Krieger, B.; Marks, U.; Niggemann, H.; Peters, B.; Schubert, T.; Trunschke, M.; von der Burg, J. (2021): Innovationen in der deutschen Wirtschaft: Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2020. 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.

Reich, J.; Fangerau, H.; Fehse, B.; Hampel, J.; Hucho, F.; Köchy, K.; Korte, M.; Müller-Röber, B.; Taupitz, J.; Walter, J.; Zenke, M. (2015): Genomchirurgie beim Menschen – zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Analyse der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.

Risius, P.; Seyda, S. (2020): Ausbildungsunternehmen 4.0. Digitalisierung der betrieblichen Ausbildung. Gefördert vom BMBF. 01/2020. Köln: IW.

Risius, P.; Seyda, S.; Placke, B.; Flake, R. (2020): Betriebliche Ausbildung: Gute Vorbereitung auf die digitale Zukunft. IW-Kurzbericht. 91/2020. Köln: IW.

Rogge, K.S.; Reichardt, K. (2016): Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. Research Policy. 45. S. 1620–1635.

Rüschoff, B. (2019): Methoden der Kompetenzerfassung in der beruflichen Erstausbildung in Deutschland. Eine systematische Überblicksstudie. Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen der Forschungs- und Transferinitiative ASCOT+. Wissenschaftliche Diskussionspapiere. 206. Bonn: BIBB.

S

Schallmo, D.; Rusnjak, A.; Anzengruber, J.; Werani, T.; Jünger, M. (2017): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen. Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Berlin: Springer.

Schasse, U. (2021): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2021. Berlin: EFI.

Schiersch, A.; Gehrke, B. (2014): Die Wissenswirtschaft im internationalen Vergleich: Strukturen, Produktivität, Außenhandel. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2014. Berlin: EFI.

Schnur, P.; Zika, G. (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonometrisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. IAB Bibliothek (Forschungsarbeiten). 318. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Schot, J.; Steinmueller, W.E. (2018): Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. Research Policy. 47. S. 1554–1567.

Schüler, J. (2016): Die Biotechnologie-Industrie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Seyda, S.; Meinhard, D.B.; Placke, B. (2018): Weiterbildung 4.0. Digitalisierung als Treiber und Innovator betrieblicher Weiterbildung. IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung. 45(1/2018). S. 107–124.

Seyda, S.; Placke, B. (2017): Die neunte IW-Weiterbildungserhebung. Kosten und Nutzen betrieblicher Weiterbildung. IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung. 44(4/2017). S. 3–19.

Seyda, S.; Placke, B. (2020): IW-Weiterbildungserhebung 2020: Weiterbildung auf Wachstumskurs. IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung. 47(4/2020). S. 105–123.

Sharma, S.; Petsalaki, E. (2018): Application of CRISPR-Cas9 based genome-wide screening approaches to study cellular signalling mechanisms. International journal of molecular sciences. 19(4).

Specht, J.; Egloff, B.; Schmukle, S.C. (2011): Stability and change of personality across the life course: The impact of age and major life events on mean-level and rank-order stability of the Big Five. Journal of Personality and Social Psychology. 101(4). S. 862–882.

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

Stephen, D.; Stahlschmidt, S. (2021): Performance and structures of the German science system 2021. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 5-2021. Berlin: EFI.

Stops, M.; Bächmann, A.-C.; Glassner, R.; Janser, M.; Matthes, B.; Metzger, L.-J.; Müller, C.; Seitz, J. (2020): Machbarkeitsstudie Kompetenz-Kompass. Teilprojekt 2: Beobachtung von Kompetenzanforderungen in Stellenangeboten. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. Forschungsbericht. 553. Berlin: BMAS.

Storm, E. (2020): Task specialization and the native-foreign wage gap: Evidence from worker-level data. SSRN Electronic Journal.

T

Tagliapietra, S.; Veugelers, R. (2020): A green industrial policy for Europe. Bruegel Blueprint Series. Brussels: Bruegel.

Thomsen, S.L.; Trunzer, J. (2020): Did the Bologna Process challenge the German apprenticeship system? Evidence from a natural experiment. IZA Discussion Paper. 13806. Bonn: IZA.

V

VdTÜV – Verband der TÜV e. V. (2020): Mobility Studie 2020. Berlin: VdTÜV.

W

Weber, M.; Biegelbauer, P.; Brodnik, C.; Dachs, B.; Dreher, C.; Kovac, M.; Pulenkova, E.; Schartinger, D.; Schwäbe, C. (2021): Agilität in der F&I-Politik: Konzept, Definition, Operationalisierung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2021. Berlin: EFI.

Weber, M.; Rohracher, H. (2012): Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. Research Policy. 41. S. 1037–1047.

WEF – World Economic Forum (2020): The Future of Jobs Report 2020. Genf: WEF.

Weinert, F.E. (2002): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F.E.: Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel: Beltz.

Wittmann, F.; Hufnagl, M.; Lindner, R.; Roth, F.; Edler, J. (2020): Developing a typology for mission-oriented innovation policies. Fraunhofer ISI Discussion Papers – Innovation Systems and Policy Analysis. Nr. 64. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Wolter, M.I.; Mönnig, A.; Schneemann, C.; Weber, E.; Zika, G.; Helmrich, R.; Maier, T.; Winnige, S. (2019): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. Szenario-Rechnungen im Rahmen der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen. Wissenschaftliche Diskussionspapiere. 200. Bonn: BIBB.

WR – Wissenschaftsrat (2018): Empfehlungen zu Klinischen Studien. Hannover: WR.

WR – Wissenschaftsrat (2019): Empfehlungen zu hochschulischer Weiterbildung als Teil des lebenslangen Lernens. Vierter Teil der Empfehlungen zur Qualifizierung von Fachkräften vor dem Hintergrund des demographischen Wandels. Berlin: WR.

Z

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim (2020): Konjunkturelles Klima hellt sich leicht auf. ZEW Branchenreport Informationswirtschaft. Mannheim: ZEW.

Zika, G.; Schneemann, C.; Kalinowski, M.; Maier, T.; Winnige, S.; Grossmann, A.; Mönnig, A.; Parton, F.; Wolter, M.I. (2019): BMAS-Prognose „Digitalisierte Arbeitswelt". Kurzbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. Forschungsbericht. 526/1K. Nürnberg/Bonn/Osnabrück: IAB/BIBB/GWS.

Zinke, G. (2019): Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen: Branchen- und Berufescreening. Vergleichende Gesamtstudie. Wissenschaftliche Diskussionspapiere. 213. Bonn: BIBB.

Zyontz, S.; Pomeroy-Carter, C. (2021): Mapping of the research, innovation, and diffusion activity of CRISPR across countries. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 12-2021. Berlin: EFI..

Endnoten-verzeichnis

D 7

A 1

1 Diese Ergebnisse resultieren aus einer Unternehmensbefragung, die das ZEW Mannheim 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 2020 im Rahmen einer kombinierten schriftlichen und online-basierten Befragung. Insgesamt beruhen die hochgerechneten Ergebnisse auf rund 870 verwertbaren Rückmeldungen aus der Informationswirtschaft und rund 540 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. ZEW (2020) und https://www.zew.de/publikationen/zew-gutachten-und-forschungsberichte/forschungsberichte/informationswirtschaft/zew-branchenreport-informationswirtschaft (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

2 Vgl. https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/konjunkturpaket-1757482 sowie https://www.bmbf.de/de/zukunftspaket-fuer-das-innovationsland-deutschland-11825.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

3 Vgl. BMWi (2020b).

4 So erfolgten Anpassungen bei der Überbrückungshilfe in der zweiten Phase (Förderzeitraum September bis Dezember 2020), die Unternehmen einen Zuschuss bei Corona-bedingten Umsatzrückgängen gewährt. Außerdem wurde die Schwelle, wonach KMU mit bis zu fünf Beschäftigten maximal 9.000 Euro und mit bis zu zehn Beschäftigten maximal 15.000 Euro erhalten können, ersatzlos gestrichen und die Personalkostenpauschale von 10 Prozent der förderfähigen Kosten auf 20 Prozent erhöht. Vgl. https://www.ueberbrueckungshilfe-unternehmen.de/UBH/Navigation/DE/Home/home.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

5 Die Anpassung bezieht sich auf erhebliche Erleichterungen für die Übernahme von Beteiligungen durch die mittelständischen Beteiligungsgesellschaften. Ebenso wurden die Rückgarantieerklärungen des Bundes angepasst und verbessert. Vgl. BMWi und BMF (2020).

6 Vgl. https://www.bmbf.de/files/090_20_Faktenblatt_Konjunkturpaket.pdf (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

7 Gemäß Artikel 8 des im Juni 2020 beschlossenen Zweiten Gesetzes zur Umsetzung steuerlicher Hilfsmaßnahmen zur Bewältigung der Corona-Krise (Zweites Corona-Steuerhilfegesetz) wurde § 3 Abs. 5 FZulG geändert und die Höhe der maximalen Bemessungsgrundlage für die förderfähigen Aufwendungen, die im Zeitraum Juli 2020 bis Juni 2026 entstehen, von zwei Millionen Euro auf vier Millionen Euro erhöht. Damit verdoppelte sich für den genannten Zeitraum der Förderdeckel der Forschungszulage bei einem unveränderten Fördersatz von 25 Prozent von 500.000 Euro auf eine Million Euro. Der Koalitionsausschuss veranschlagte hierfür einen Finanzbedarf von einer Milliarde Euro. Vgl. Deutscher Bundestag (2020), Deutscher Bundestag (2019b) sowie https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=12 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

8 Die Expertenkommission hatte im Vorfeld der Änderung des FZulG Alternativvorschläge formuliert. Dazu gehörte, in Auftrag gegebene FuE-Vorhaben stärker zu fördern, die Bemessungsgrundlage bei den FuE-Personalkosten zu erhöhen und/oder den Fördersatz bei den FuE-Personalkosten zu erhöhen. Vgl. Bertschek et al. (2020c).

9 Vgl. Rammer et al. (2021).

10 Vgl. Köhler-Geib (2020).

11 Vgl. Bertschek et al. (2020b).

12 Vgl. Bertschek et al. (2020a).

13 Das Sonderprogramm fördert u.a. drei Unternehmen (BioNTech, CureVac, IDT Biologika), die mit unterschiedlichen technologischen Ansätzen bei der Impfstoffentwicklung arbeiten. Vgl. https://www.bmbf.de/de/coronavirus-was-tut-das-bmbf-11069.html sowie https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-3035.html (jeweils letzter Abruf am 15. Januar 2021).

14 Das BMBF unterstützt ferner das Deutsche Zentrum für Infektionsforschung und das Deutsche Zentrum für Lungenforschung. Darüber hinaus hat das BMBF im Bereich der Projektförderung die Rahmenbedingungen kurzfristig erweitert, um die Liquidität für diejenigen sicherzustellen, die bereits in BMBF-geförderten Projekten arbeiten. Vgl. https://www.bmbf.de/de/coronavirus-was-tut-das-bmbf-11069.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

15 Vgl. BMBF (2021).

16 Es erfolgen Mittelaufstockungen von Förderprojekten, um den jeweiligen Untersuchungsgegenstand auf die Auswirkungen der Corona-Krise auszuweiten (z.B. Förderlinie Gesellschaftlicher Zusammenhalt in Zeiten von Krisen

und Umbrüchen). Darüber hinaus erfolgt Unterstützung für die geistes- und sozialwissenschaftliche Forschung zu den gesellschaftlichen Folgen und Implikationen der Corona-Krise, z.B. am Käte Hamburger Kolleg „Recht als Kultur“ und an den Maria Sibylla Merian Centres for Advanced Studies sowie für den Aufbau einer Vernetzungs- und Diskussionsplattform für Wissenschaftskommunikation der Geistes- und Sozialwissenschaften (auf dem Internetportal für die Geistes- und Sozialwissenschaften des BMBF). Eine Arbeitsgruppe des Rats für Sozial- und Wirtschaftsdaten (RatSWD) fungiert als Anlaufstelle für zahlreiche derzeitig durchgeführte kleine und größere empirische Erhebungen zu gesellschaftlichen Auswirkungen der Corona-Krise. Vgl. https://www.konsortswd.de/ratswd/themen/corona/studien/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

17 Es werden auch Artikel im Erscheinen erfasst, daher die Einbeziehung 2021. Stichworte der Suche: Corona, Covid-19, Pandemic*, Coronavirus, SARS-CoV-2, Lockdown, Epidemic, Respiratory disease. Artikel können mehrere Autorinnen und Autoren mit verschiedenen Affiliationen haben und werden dann mehreren Ländern zugeordnet. Es werden nur Artikel erfasst, die den Disziplinen Medizin u.a., Sozialwissenschaften u.a. und Ingenieurwissenschaften u.a. zurechenbar sind.

18 Forschende mit Affiliation in Italien und Indien veröffentlichen 8,25 Prozent bzw. 6,1 Prozent aller Corona-bezogenen wissenschaftlichen Publikationen.

19 Vgl. Weber et al. (2021: 123).

20 Vgl. https://www.phe.gov/about/barda/Pages/default.aspx (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

A 2

21 Vgl. hier und im Folgenden BMWi (2020d).

22 Diese Verschärfung erfolgte im Zuge der Anpassung der bestehenden deutschen Investitionskontrollregeln an die EU-Screening-Verordnung vom Oktober 2019. Die EU-Screening-Verordnung etabliert u.a. in ihren Mitgliedstaaten einen neuen Informations- und Kooperationsmechanismus für die Prüfung ausländischer Direktinvestitionen. Dieser belässt die Prüfungszuständigkeit auf Ebene des betroffenen Mitgliedstaates, zielt aber gleichzeitig darauf ab, bei der Prüfung auch Auswirkungen auf die öffentliche Ordnung oder Sicherheit anderer Mitgliedstaaten sowie Projekte und Programme von Unionsinteresse zu berücksichtigen. Vgl. Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2019) und https://community.beck.de/2020/10/19/update-zum-investitionskontrollrecht-16-awv-aenderung-beschlossen/eu-screening-verordnung-anwendbar (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

23 Zu prüfen sind nicht nur die Auswirkungen auf Deutschland, sondern auch auf andere EU-Mitgliedstaaten sowie auf EU-Programme und -Projekte. Vgl. https://community.beck.de/2020/10/19/update-zum-investitionskontrollrecht-16-awv-aenderung-beschlossen/eu-screening-verordnung-anwendbar (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Ferner soll jede meldepflichtige Unternehmensübernahme für die Dauer der Prüfung schwebend unwirksam sein. Die Bundesregierung will damit verhindern, dass die beteiligten Akteure während der laufenden Prüfung vollendete Tatsachen schaffen und die Ziele der Investitionsprüfung unterlaufen. Vgl. Matthes (2020: 26f.) und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/erstes-gesetz-aenderung-aussenwirtschaftsgesetz.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

24 Vgl. Die Bundesregierung (2020).

25 Vgl. EFI (2020: 56ff.).

26 Vgl. Die Bundesregierung (2020) und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/erstes-gesetz-aenderung-aussenwirtschaftsgesetz.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

27 Vgl. Deutscher Bundestag (2019a).

28 Vgl. VdTÜV (2020).

29 Zu Elektrofahrzeugen zählen nach § 2 des Elektromobilitätsgesetzes neben reinen Batterie-Elektrofahrzeugen auch Brennstoffzellenfahrzeuge und von außen aufladbare Plug-in-Hybridfahrzeuge, die maximal 50 g CO_2 pro Kilometer ausstoßen oder eine Strecke von mindestens 40 Kilometern rein elektrisch zurücklegen können.

30 Vgl. https://nationale-leitstelle.de/news/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

31 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/12/20201203-altmaier-scheuer-spitzengespraech-ausbau-ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

32 Vgl. BMWi (2020a) und https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=12 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

33 Vgl. https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=12 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

34 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/eeg-stellungnahme-nationaler-wasserstoffrat.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

35 Vgl. https://www.sinteg.de/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

36 Vgl. https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

37 Vgl. Kagermann et al. (2020: 6).

38 Vgl. Kagermann et al. (2020: 6).

39 Vgl. https://www.bmbf.de/de/quantentechnologien-7012.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

40 Vgl. https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

41 Vgl. Fraunhofer (2019).

42 Vgl. https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/fortschreibung-ki-strategie-1824340 und bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

43 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. Vgl. Cardon et al. (2018).

44 Vgl. https://ellis.eu/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

45 Vgl. https://claire-ai.org/about/?lang=de (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

46 Vgl. Huber et al. (2020), https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/kuenstliche-intelligenz-bund-hat-bisher-kaum-neue-ki-professuren-eingerichtet/26287136.html?ticket=ST-19829798-rKPhmT9m1zsNX0fvH1i3-ap4 (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Die vom BMBF in einer Stellungnahme angeführte Zahl von 28 Professuren mit KI-Bezug geht auf sämtliche vom BMBF geförderten Projekte zurück. Die Zahl umfasst damit u.a. auch Professuren, deren Förderung nicht explizit durch die KI-Strategie, sondern über andere Förderprogramme wie z.B. die Exzellenzstrategie oder das Tenure-Track-Programm erfolgt. Vgl. https://annachristmann.de/wp-content/uploads/2020/10/Antwort_SF_10_78_KI_Professuren_Christmann.pdf und https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/248/1924813.pdf (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

47 Vgl. EFI (2019: Kapitel A 2).

48 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/FAQ/Dateninfrastruktur/faq-projekt-gaia-x.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

49 Die Abkürzung AISBL steht für Association internationale sans but lucratif. Auf Deutsch: Internationale Vereinigung ohne Gewinnerzielungsabsicht.

50 Vgl. https://www.heise.de/news/Gaia-X-Grosse-US-Hyperscaler-wollen-in-EU-Cloud-kraeftig-mitmischen-4965630.html?seite=3 und http://www.finanztreff.de/news/wirtschaftsministerium-200-millionen-euro-fuer-gaia-x/22534640 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

51 Vgl. https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/das-ist-die-datenstrategie (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

52 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/zweites-open-data-gesetz-und-datennutzungsgesetz.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

53 Vgl. https://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Papers/NFDI.pdf (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

54 Vgl. https://www.nfdi.de/informationen-v2 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

55 Vgl. DFG (2020: 5).

56 Vgl. Die Bundesregierung (2018: 48), EFI (2016: Kapitel A 1) und EFI (2017: 27). In der Neuen Hightech-Strategie (HTS), der Vorgängerstrategie der HTS 2025, wurde der Innovationsbegriff erweitert und umfasst seitdem neben technologischen auch soziale Innovationen. Vgl. EFI (2017: 92).

57 Vgl. Die Bundesregierung (2018: 11). Die Bundesregierung hat soziale Innovationen in den letzten Jahren bereits im Rahmen verschiedener Maßnahmen und Programme gefördert. Beispiele sind u.a. das Förderprogramm Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen und das Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen (IGP).

58 Der Wettbewerb ist als mehrstufiges, kompetitives Verfahren angelegt. Im ersten Schritt hat das BMBF, unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer partizipativen Online-Bewertung durch Bürgerinnen und Bürger, 30 Ideen für den Ideenpreis für soziale Innovationen ausgezeichnet. Mit dem Preisgeld von jeweils 12.500 Euro werden die Ideen zu einem Konzept ausgearbeitet. Die zehn für die Erprobungsphase (mit erneuter partizipativer Online-Bewertung) ausgewählten Projekte werden bis zu zwei Jahre lang mit jeweils bis zu 200.000 Euro gefördert. Eine Anschlussförderung zur Umsetzung der fünf besten Projekte in die Praxis ist geplant. Eine begleitende Forschung und Evaluation der Fördermaßnahme ist vorgesehen. Vgl. Bundesanzeiger (2020). Auch das BMWi hat kürzlich ein speziell auf soziale Unternehmen und soziale Start-ups ausgerichtetes Förderprogramm angekündigt. Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/12/20201202-jarzombek-social-entrepeneurs-erhalten-kuenftig-speziell-auf-ihre-beduerfnisse-zugeschnittene-foerderung.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

59 Die Expertenkommission hat bereits in ihrem Jahresgutachten 2016 gefordert, soziale Innovationen verstärkt in den Blick zu nehmen und mit neuen Formaten der Partizipation sowie mit neuen Förderinstrumenten, wie beispielsweise Wettbewerben oder Preisgeldern, zu experimentieren. Vgl. EFI (2016: 21).

A 3

60 Vgl. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1224/umfrage/arbeitslosenquote-in-deutschland-seit-1995/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

61 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 1-2).

62 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 1-4), EFI (2018: Kapitel A 1), EFI (2019: Kapitel A 1) und EFI (2020: Kapitel A 2).

63 Vgl. BMBF (2006), BMBF (2010), Die Bundesregierung (2014), Die Bundesregierung (2018), EFI (2008: Kapitel C 5), EFI (2011: Kapitel A 5), EFI (2015: Kapitel A 3), EFI (2017: Kapitel B 5-1), EFI (2019: Kapitel A 1).

64 Vgl. EFI (2020: Kapitel B 1).

65 Vgl. https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#treibhausgas-emissionen-nach-kategorien (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

66 Vgl. EFI (2016: Kapitel B 2), EFI (2019: Kapitel A 2), EFI (2018: Kapitel B 3), EFI (2020: Kapitel B 2), EFI (2016: Kapitel B 4) und EFI (2019: Kapitel B 4).

67 Beim Digital Economy and Society Indicator der EU nahm Deutschland 2020 im Bereich Digital Public Services Rang 21 von 28 ein. Vgl. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Vgl. zum E-Government auch EFI (2017: Kapitel B 6-2).

68 So geschehen u.a. mit Gutachtenkapiteln zur Bedeutung des Hochschul- und Berufsausbildungssystems für das Innovationssystem, zur Fachkräfteentwicklung, zur

digitalen Bildung, zur Digitalisierung der Hochschulen sowie in diesem Gutachten zur Aus- und Weiterbildung im digitalen Wandel (Kapitel B 2). Vgl. EFI (2014: Kapitel A 3), EFI (2017: Kapitel B 3-1), EFI (2018: Kapitel A 4), EFI (2019: Kapitel B 4).

69 Die Bundesregierung hat im November 2018 eine Strategie zur Sicherung von Fachkräften vorgelegt. Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20181106-startschuss-fuer-umsetzung-der-fachkraeftestrategie-gefallen.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

70 Vgl. Die Bundesregierung (2019).

71 Vgl. Bloom et al. (2020).

72 Vgl. EFI (2018: Kapitel B 1).

73 Vgl. EFI (2018: Kapitel B 1).

74 Vgl. EFI (2018: Kapitel B 1).

75 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: Kapitel A 2) und EFI (2019: Kapitel B 1).

76 Die Bundesregierung forciert – beispielsweise im Rahmen der Programme „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“, „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“ und „Forschung an Fachhochschulen“ die bessere Nutzung der an Hochschulen gewonnenen Erkenntnisse.

77 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 7) und EFI (2020: Kapitel A 1).

78 Vgl. hierzu EFI (2017: Kapitel A 5 und B 5-2).

79 Die Expertenkommission hält es zudem für sinnvoll, die Einführung eines Programms, das – ähnlich wie das niederländische Programm Small Business Innovation Research (SBIR) – Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Lösungen für gesellschaftliche Probleme unterstützt (vgl. Box B 1-5), zu prüfen.

B 1

80 Vgl. im Folgenden Fier und Harhoff (2002), Gassler et al. (2006) und Polt et al. (2021).

81 Der erste Forschungsreaktor München, das sogenannte Atom-Ei, wurde im Jahr 1957 in Garching in Betrieb genommen. Der Betrieb wurde im Jahr 2000 eingestellt. Im Jahr 2005 nahm dann die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ihren Betrieb auf. Das CERN wurde im Jahr 1954 gegründet. Hier wird ein Komplex an Teilchenbeschleunigern vorgehalten und es wird Spitzenforschung in der Grundlagenphysik betrieben. Vgl. https://www.garching.de/mobile/Hochschul_+und+Forschungszentrum/Technische+Universit%C3%A4t+M%C3%BCnchen+%28TUM%29/Neue+Forschungs_Neutronenquelle+_+FRM_II-p-894.html, https://www.frm2.tum.de/ueber-uns/ und https://home.cern (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

82 Vgl. Fier und Harhoff (2002).

83 Vgl. hierzu und im Folgenden Polt et al. (2021). Im Rahmen einer im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Studie von Joanneum Research und Fraunhofer ISI wurde der Versuch unternommen, quantitative Evidenz auf der Grundlage von Textanalysen (Text-Mining) für das Aufkommen eines neuen Politikansatzes in verfügbaren Politikinstrumenten zu finden. Die Textanalyse ergab, dass sich die F&I-Politik in Deutschland die missionsorientierte Politik noch nicht als „großes Narrativ“ zu eigen gemacht hat. In der breiten Debatte scheint die missionsorientierte Politik noch nicht angekommen zu sein. Vgl. Polt et al. (2021: Kapitel 4).

84 Das Fraunhofer ISI hat im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts „Hightech-Strategie 2025 – Wissenschaftliche Unterstützung zu Missionen und Erfolgsmessung im Rahmen der inhaltlichen Begleitung des Hightech-Forums“ eine Typologie der F&I-politischen Missionen entwickelt. Die Typologie umfasst Akzelerator- und Transformer-Missionen mit jeweils zwei Untertypen. Akzelerator-Missionen zielen auf wissenschaftliche Innovationen oder technologische Durchbrüche ab. Akzelerator-Missionen Typ 1 haben einen starken Bezug zur Grundlagenforschung und sind eher problem- als lösungsorientiert definiert. Sie sollen dazu beitragen, Marktversagen zu korrigieren. Akzelerator-Missionen Typ 2 sind stärker lösungs- als problemorientiert formuliert, d.h. hier stehen bestimmte technologische Entwicklungen im Fokus. Neben der Korrektur von Marktversagen dienen diese Missionen auch der Überwindung von Systemversagen, beispielsweise durch Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Transformer-Missionen zielen demgegenüber auf einen umfassenden Wandel sozio-technischer Systeme ab und dienen dazu, Transformationsversagen zu überwinden. Transformer-Missionen Typ 1 sind lösungsorientiert formuliert und wirken nicht direkt auf das Verhalten von Endnutzerinnen und -nutzern ein. Transformer-Missionen Typ 2 sind durch eine stärkere Problemorientierung gekennzeichnet und setzen auch am Verhalten der Endnutzerinnen und -nutzer an. Zur Typologie F&I-politischer Missionen vgl. Wittmann et al. (2020). Für den Politikansatz der Neuen Missionsorientierung sind Transformer-Missionen prägend.

85 Vgl. hierzu auch Weber et al. (2021) sowie Polt et al. (2021).

86 Vgl. Mazzucato (2018).

87 Zum Ansatz der katalytischen F&I-Politik vgl. Cantner und Vannuccini (2018).

88 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2010: 20f.).

89 Vgl. im Folgenden Weber und Rohracher (2012).

90 Vgl. im Folgenden Weber und Rohracher (2012), Schot und Steinmueller (2018) sowie ferner Cantner und Vannuccini (2018).

91 Vgl. im Folgenden https://ec.europa.eu/info/horizon-europe/missions-horizon-europe_en (letzter Abruf am 15. Januar 2021), Mazzucato (2018) sowie Schot und Steinmueller (2018).

92 Vgl. Rogge und Reichardt (2016).

93 Vgl. im Folgenden Weber und Rohracher (2012), Weber et al. (2021) sowie Schot und Steinmueller (2018).

94 Vgl. hierzu und im Folgenden Weber und Rohracher (2012).

95 Vgl. Haddad et al. (2019).

96 Vgl. EFI (2019: 22).

97 Vgl. https://www.hightech-strategie.de/de/missionen-1725.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

98 Für einen leicht skeptischen Blick auf missionsorientierte Politik, aber mit Verständnis für das Argument der Direktionalität vgl. Bloom et al. (2019). Für eine Kritik an der transformationsorientierten Politik vgl. Giuliani (2018).

Für eine kritische Sichtweise des Staates auch bei umweltorientierter F&I-Politik sowie des besonderen Verhältnisses zwischen Staat und Privatwirtschaft vgl. Tagliapietra und Veugelers (2020).

99 Die zentrale Quelle in diesem Zusammenhang ist Mazzucato (2018). Für eine vergleichende Darstellung vgl. Schot und Steinmueller (2018).

100 Vgl. Mazzucato (2015).

101 Vgl. Cantner und Vannuccini (2018).

102 Von einer reinen Anschubfinanzierung von Infrastrukturen für innovative Technologien auszunehmen sind Infrastrukturen, die den Charakter eines öffentlichen Gutes haben und nur vom Staat bereitgestellt werden können. Dies kann auch für Güter gelten, bei denen Ausschließbarkeit technologisch möglich ist, wie Verkehrswege und digitale Navigations- und Flugsicherungssysteme. In solchen Fällen kann es notwendig sein, dass der Staat die Auswahl für eine bestimmte neue Technologie trifft und diese dauerhaft bereitstellt.

103 Vgl. https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/agilitaet-99882 (letzter Abruf am 15. Januar 2021), zitiert in Weber et al. (2021: 18).

104 In diesem Sinne hat die Expertenkommission in ihren Gutachten mehrfach eine Steigerung der Agilität staatlichen Handelns eingefordert. Vgl. z.B. EFI (2010: 16).

105 Vgl. OECD (2015: 18).

106 Vgl. Weber et al. (2021: 49).

107 Ein derartiger Politikansatz zeigt Züge der tentativen Governance und weist Agilität als zentrales Merkmal auf. Die Ausrichtung der Politik am Prinzip von Experiment und Evaluation wird auch als tentative Governance bezeichnet. Das Konzept der tentativen Governance wurde entwickelt, um insbesondere in Bezug auf emergierende Entwicklungen in Wissenschaft und Technik mit den Konsequenzen des hohen Grads an Ungewissheit für die Governance von Forschung, Technologieentwicklung und Innovation umzugehen. Besondere Relevanz erfährt tentative Governance derzeit im Rahmen der Debatte über missionsorientierte Innovationspolitik. Statt auf technokratische Planungskonzepte, wie sie in den frühen Papieren der EU-Kommission zur Missionsorientierung enthalten sind, setzen tentative Governance-Ansätze darauf, Ungewissheiten zu akzeptieren und ihnen mittels offener Beratungs- und Aushandlungsprozesse zu begegnen. Experimentelle Ansätze, Flexibilität und Lernen werden dabei als weitere wichtige Elemente hervorgehoben. Das Konzepts der tentativen Governance besitzt einen politikleitenden Wert, da es dazu beiträgt, unrealistische Annahmen über die deterministische Steuerbarkeit zukunftsoffener Entwicklungen in Frage zu stellen. Vgl. Kuhlmann et al. (2019: 1091ff.).

108 Vgl. https://www.bmbf.de/de/die-philosophie-dahinter-936.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

109 Vgl. BMWi (2020c).

110 Vgl. https://www.onlinezugangsgesetz.de/SharedDocs/kurzmeldungen/Webs/OZG/DE/2020/DigiLab20.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

111 Vgl. https://www.bmbf.de/de/buergerdialog-zukunft-verstehen-330.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

112 Vgl. Plattform Industrie 4.0 (2019).

113 Vgl. https://work.4germany.org/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

114 Die Work4Germany-Fellows des Pilotjahrgangs 2020 haben auf Basis ihrer Erfahrungen u.a. ein Konzept für den Aufbau eines neuen, agileren Ministeriums erstellt. Vgl. https://work.4germany.org/wp-content/uploads/2020/12/Das-neue-Ministerium.pdf (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

115 Agilitätskriterien angelehnt an Weber et al. (2021: 52).

116 Vgl. Weber und Rohracher (2012: 1043).

117 Vgl. EFI (2017: 93ff.).

118 In Deutschland ist das 2013 im Auftrag des BMWi eingerichtete Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO) mit der Aufgabe betraut, innovationsorientierte öffentliche Beschaffung zu fördern. Vgl. https://www.bme.de/initiativen/koinno/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

119 Vgl. NL Agency und Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation (2011).

120 Vgl. NL Agency und Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation (2011).

121 Vgl. Dekker (2013: 11ff.).

122 Das BMBF hat Foresight-Prozesse bereits mit den Foresight-Zyklen (1. Zyklus: 2007-2009; 2. Zyklus: 2012-2014) und mit dem jetzigen Foresight-Prozess VORAUS:schau angestoßen. Im Unterschied zum finnischen Government Foresight handelt es sich hierbei allerdings um einen ressortinternen Prozess. Vgl. https://www.bmbf.de/de/mit-foresight-in-die-zukunft-schauen-930.html sowie https://www.bmbf.de/de/die-philosophie-dahinter-936.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

123 Vgl. Weber et al. (2021).

124 Die Arbeitsteilung innerhalb der Ministerien erfolgt traditionell in hierarchisch strukturierten Fachreferaten, die horizontal über mehrere Abteilungen verteilt sind. Hierbei haben die Fachreferate klar abgegrenzte Verantwortungsbereiche und sind im Wesentlichen mit der Gestaltung und Umsetzung ihrer jeweiligen Programme und Maßnahmen befasst. Da die Haushalts-Budgets der Ministerien den jeweiligen Fachbereichen zugewiesen werden und diese unter Leitungsvorbehalt weitestgehend autonom eingesetzt werden können, müssen für eine übergreifende Orientierung strategische und abteilungsübergreifende Aktivitäten institutionell verankert werden. Vgl. Weber et al. (2021: 67).

125 Finnisch: Valtioneuvoston Kansli; Englisch: Prime Minister's Office. Vgl. https://vnk.fi/en/government-report-on-the-future (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

126 Vgl. https://vnk.fi/en/foresight-activities (letzter Abruf am 15. Januar 2021) und Weber et al. (2021: 128f. u. 130).

127 Vgl. Weber et al. (2021: 131f.)

128 Der Berufungszeitraum bisheriger Mission-Board-Mitglieder kann hierfür verlängert werden. Vgl. https://www.kooperation-international.de/aktuelles/nachrichten/detail/info/horizont-europa-mission-boards-legen-vorschlaege-fuer-eu-missionen-vor/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

129 Seit 2018 richtet sich das Programm verstärkt an den Sustainable Development Goals aus. Vgl. Weber et al. (2021: 186).

130 Einen ähnlichen Ansatz verfolgt das BMBF z.B. bereits im Rahmen der Energiewende mit seinen Kopernikus-Projekten. Vgl. https://www.kopernikus-projekte.de/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).
131 Vgl. Weber et al. (2021: 186ff.).
132 Vgl. Weber et al. (2021: 131).
133 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 5-2).
134 Vgl. Brandt et al. (2019) sowie https://www.experimentierraeume.de/die-idee/was-sind-experimentierraeume/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

B 2

135 Eine Übersicht über den Stand der Forschung zu den Beschäftigungseffekten der Digitalisierung vermitteln OECD (2019: Kapitel 2) und Gregory et al. (2019).
136 Vgl. Goos et al. (2014) und Arntz et al. (2016).
137 Die technische und räumliche Flexibilität in einem digitalisierten Arbeitsumfeld kann die Vereinbarkeit von Familie und Beruf und damit insbesondere die Arbeitsmarktintegration von Frauen verbessern. Vgl. BMFSFJ (2016). Zudem bietet die Digitalisierung aus Unternehmenssicht auch neue Chancen für die Inklusion und Beschäftigung von behinderten Menschen. Vgl. Flüter-Hoffmann und Kurtenacker (2020).
138 Mit diesen digitalen Fähigkeiten hat sich die Expertenkommission bereits in ihrem Jahresgutachten 2018 ausführlich auseinandergesetzt und an dieser Stelle, wie auch schon zuvor, auf die verstärkte Vermittlung von Kompetenzen im Umgang mit digitalen Technologien von Grund auf gedrängt. Vgl. EFI (2018: Kapitel A 4).
139 Vgl. http://www.future-skills.net/initiative (letzter Abruf am 15. Januar 2021).
140 Nicht ausreichend vorhandene Fähigkeiten werden von den befragten Unternehmen länderübergreifend als wichtigster Faktor eingeschätzt, der die Einführung neuer Technologien erschwert. Vgl. WEF (2020: 35).
141 Die Expertenkommission hat schon vor Längerem festgestellt, dass Qualifizierung und Innovation in einer dynamischen Wechselbeziehung zueinander stehen. Einerseits verändert Innovation den Bedarf an Fähigkeiten bei den Beschäftigten. Andererseits ist die Versorgung mit geeignetem Humankapital – mit zeitlicher Verzögerung – ein bedeutender Treiber des Innovationsprozesses. Vgl. EFI (2008: 36f.), EFI (2012: 60) und EFI (2014: 30).
142 Vgl. etwa Frey und Osborne (2017) oder Brynjolfsson und McAfee (2011). Berufe setzen sich allerdings aus verschiedenen Tätigkeiten zusammen, die sich jeweils unterschiedlich gut automatisieren lassen. So sind etwa sozial-interaktive Tätigkeiten, anders als Routinetätigkeiten, relativ schwer automatisierbar. Schätzungen zufolge sind in Deutschland nur 12 Prozent der Arbeitsplätze durch ein Aufgabenspektrum gekennzeichnet, das einen Anteil von mindestens 70 Prozent leicht automatisierbarer Tätigkeiten umfasst. Diese Arbeitsplätze werden daher mit hoher Wahrscheinlichkeit durch digitale Technologien ersetzt. Vgl. Bonin et al. (2015). Ähnliche Befunde ergeben sich für eine Reihe von OECD-Ländern. Vgl. Arntz et al. (2017). An vielen anderen Arbeitsplätzen dürfte sich das Aufgabenspektrum mit fortschreitender Automatisierung deutlich verändern. Nach Schätzungen der OECD weisen knapp 36 Prozent aller Stellen in Deutschland einen Anteil von 50 bis 70 Prozent leicht automatisierbarer Tätigkeiten auf. Vgl. OECD (2019: Abbildung 2.6) basierend auf Nedelkoska und Quintini (2018). Bei der Umsetzung der Automatisierungsmöglichkeiten kann ein Teil dieser Stellen infolge der realisierten Produktivitätsfortschritte wegfallen. Bei den Stellen, die erhalten bleiben, kann sich das Tätigkeitsprofil hin zu neuen, schwerer automatisierbaren Tätigkeiten verschieben.
143 Vgl. u.a. Hüther (2020) und Schallmo et al. (2017).
144 Vgl. Autor und Salomons (2018), Acemoglu und Restrepo (2018c), Acemoglu und Restrepo (2020) und Bessen (2019).
145 Vgl. Gregory et al. (2019).
146 Vgl. Dauth et al. (2017). Acemoglu und Restrepo (2020) diagnostizieren dagegen für die Vereinigten Staaten per Saldo negative Beschäftigungswirkungen des verstärkten Einsatzes von Industrierobotern. Diese für die Vergangenheit ermittelten Effekte lassen sich allerdings nicht ohne Weiteres auf den weiteren digitalen Wandel übertragen. Der relative Stellenwert des Faktors Arbeit könnte sich verschlechtern, wenn vor allem Innovationen in der Automatisierung zum Einsatz kommen, die gerade eben rentabel sind, aber kaum zu Produktivitätssteigerungen beitragen. Unter dieser Voraussetzung kann Arbeit verdrängt werden, ohne dass an anderer Stelle substanziell neue Arbeitsnachfrage entsteht. Vgl. etwa Acemoglu und Restrepo (2018a). Die OECD hält aggregierte Beschäftigungsverluste durch den digitalen Wandel jedoch auch künftig für unwahrscheinlich. Vgl. OECD (2019).
147 Vgl. Acemoglu und Autor (2011) und Acemoglu und Restrepo (2018b). In vielen Ländern fiel das Lohn- und Beschäftigungswachstum in den letzten Jahren in Berufen mit höheren Qualifikationsanforderungen, bei denen neue Technologien eher komplementär wirken, vergleichsweise stark aus. Dagegen waren Lohn- und Beschäftigungswachstum in Berufen mit mittleren Qualifikationsanforderungen, die durch einen höheren Anteil substituierbarer manueller und Routinetätigkeiten gekennzeichnet sind, relativ schwach. Vgl. OECD (2018). Gleichzeitig nahmen Löhne und Beschäftigung in Segmenten mit geringen Qualifikationsanforderungen ebenfalls tendenziell zu, was mit dem hohen Anteil nur schwer oder nur ineffizient zu automatisierender Nicht-Routinetätigkeiten in diesem Segment zusammenhängen dürfte. Das Ausmaß der Polarisierung stellt sich bislang nicht in allen Ländern gleich dar. So war diese Entwicklung in der Vergangenheit in Deutschland schwächer ausgeprägt als in anderen europäischen Ländern oder in den USA. Vgl. Goos et al. (2014) und Eurofound (2015).
148 Diese werden im Auftrag des BMAS vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) und dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) auf Grundlage eines komplexen gesamtwirtschaftlichen Modells durchgeführt, das auch endogene Übergangsprozesse zwischen zahlreichen beruflichen Arbeitsmärkten abbildet. Vgl. Maier et al. (2017), Maier et al. (2014), Schnur und Zika (2009) und Meyer et al. (2007).

149 Vgl. hier und im Folgenden Wolter et al. (2019: 36).

150 Es liegt auch ein Szenario Digitalisierte Arbeitswelt vor, das im Vergleich zum Szenario Wirtschaft 4.0 von einem durch die Digitalisierung stärker veränderten Konsumverhalten und der Weiterentwicklung der öffentlichen Verwaltung hin zu einem E-Government ausgeht. Die Anzahl der brutto umgewälzten Arbeitsplätze erhöht sich unter diesen Voraussetzungen bis zum Jahr 2035 um weitere 300.000. Vgl. Zika et al. (2019).

151 Bei der Interpretation dieser Veränderungen ist zu beachten, dass die Folgen der Wirtschaft 4.0 für Arbeitsmarkt und Ökonomie ermittelt werden, indem die für ein Szenario fortschreitender Digitalisierung vorausberechneten Branchen-, Berufs- und Anforderungsstrukturen den Ergebnissen der QuBe-Basisprojektion gegenübergestellt werden. Diese geht davon aus, dass sich lediglich die technologischen Veränderungen der jüngeren Vergangenheit fortsetzen. Es handelt sich also nur um die zusätzlichen Wirkungen einer verstärkten Digitalisierung der deutschen Wirtschaft. Vgl. Wolter et al. (2019).

152 Das Anforderungsniveau ist neben der Berufsfachlichkeit eine zweite zentrale strukturierende Dimension zur Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010). Es bezieht sich auf die Komplexität der auszuübenden Tätigkeiten und orientiert sich dabei zwar eng an den erforderlichen beruflichen Qualifikationen, entspricht diesen aber nicht direkt. So können etwa auch Berufserfahrung oder informell erworbene Fähigkeiten ein adäquates Substitut sein. Den klassifizierten Berufen wird eines von vier verschiedenen Anforderungsniveaus zugeordnet. Vgl. Paulus und Matthes (2013: 9ff.).

153 Vgl. Wolter et al. (2019: 30) und Paulus und Matthes (2013).

154 Vgl. Spitz-Oener (2006).

155 Vgl. hier und im Folgenden Bachmann et al. (2021).

156 Diese Beobachtung findet sich auch in einigen Studien zur zeitlichen Entwicklung von Tätigkeitsprofilen in Deutschland seit Mitte der 2000er Jahre. Vgl. Bachmann et al. (2019), Fedorets (2019) und Storm (2020).

157 Vgl. Gordon und Sayed (2020) und Bachmann et al. (2021).

158 Vgl. hier und im Folgenden Bachmann et al. (2021).

159 Vgl. Arntz et al. (2016).

160 Vgl. http://www.future-skills.net/initiative (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

161 Vgl. Zinke (2019: 12f.). Die Studie wurde im Rahmen der Initiative Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen erstellt, die das BIBB gemeinsam mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) konzipiert und umgesetzt hat.

162 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 98).

163 Vgl. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/72005/umfrage/entwicklung-der-studienanfaengerquote/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

164 Die steigende Vielfalt des Studienangebots ist neben der Umstellung auf das Bachelor- und Masterstudium auf eine zunehmende Spezialisierung und Ausdifferenzierung innerhalb der Fächer sowie ein wachsendes Angebot privater Hochschulen mit angewandten Schwerpunkten zurückzuführen. Vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020: 177ff.) und Kirchmann et al. (2021: 63). Eine kürzlich erschienene Studie zeigt, dass die Bologna-Reform, also die Umstellung auf das Bachelor- und Masterstudium, die Zahl der neuen Auszubildenden in Deutschland im Durchschnitt um 3 bis 5 Prozent verringert hat. Vgl. Thomsen und Trunzer (2020).

165 Vgl. Autor et al. (2003), Spitz-Oener (2006) und Bachmann et al. (2021).

166 Vgl. Weinert (2002), https://www.bibb.de/de/8570.php und https://www.dqr.de/content/2325.php (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021) für Definitionen der Begriffe, an denen sich die hier beschriebenen Arbeitsdefinitionen orientieren.

167 Vgl. Almlund et al. (2011) und Specht et al. (2011).

168 Vgl. https://www.dqr.de/content/2325.php und https://www.kodekonzept.com/blog/de/2019/04/24/qualifikationen-vs-kompetenzen-worin-liegt-der-unterschied/ (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

169 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 49).

170 Vgl. https://www.bibb.de/dienst/berufesuche/de/index_berufesuche.php/new_modernised_occupations_by_year (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

171 Ein Aufholbedarf besteht allerdings bei den kaufmännischen Berufen.Vgl. Kirchmann et al. (2021: 47f.).

172 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 46f.) und https://www.bmbf.de/de/digitalisierung-und-nachhaltigkeit---was-muessen-alle-auszubildenden-lernen-12244.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Standardberufsbildpositionen sind Ausbildungsinhalte, die in allen dualen Ausbildungsberufen identisch sind. Sie sind als Mindestanforderungen in jedem einzelnen Ausbildungsberuf zu verstehen, werden während der gesamten Ausbildungszeit vermittelt und sind Prüfungsgegenstand. Vgl. https://www.bmbf.de/de/karliczek-digitalisierung-und-nachhaltigkeit-kuenftig-pflichtprogramm-fuer-auszubildende-11049.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

173 Vgl. Gesamtmetall et al. (2017).

174 Als Ordnungsmittel werden die Vorschriften zur Ordnung von beruflichen Ausbildungsgängen bezeichnet. Zu ihnen zählen insbesondere die amtliche Verordnung über die Berufsausbildung, die das Ausbildungsberufsbild definiert, die inhaltliche Durchführung der betrieblichen Berufsausbildung festlegt und die Prüfungsanforderungen beschreibt, sowie der Rahmenlehrplan, der die im Berufsschulunterricht zu vermittelnden Inhalte festlegt. Die Ordnungsmittel sorgen dafür, dass eine Berufsausbildung überall in Deutschland auf gleichem Niveau stattfindet und zu vergleichbaren Qualifikationen führt. Vgl. https://www.wbv.de/berufenet/ordnungsmittel-was-ist-das.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

175 In einer Online-Befragung des BIBB sagte immerhin ein Drittel der befragten Ausbilderinnen und Ausbilder, Fachkräfte und Vorgesetzten von Fachkräften, dass die Ausbildung in ihrem Betrieb auf die Anforderungen der Digitalisierung schlecht oder eher schlecht vorbereitet ist. In 30 Prozent der Betriebe wurde die betriebliche Ausbildung in den letzten Jahren in Reaktion auf die Digitalisierung nicht umgestaltet. Vgl. Zinke (2019: 77ff.).

176 Vgl. Risius et al. (2020).

177 Vgl. Zinke (2019: 77ff.).
178 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 85f.).
179 Vgl. Risius und Seyda (2020: 4).
180 Zusatzqualifikationen wurden bei der Novellierung des Berufsbildungsgesetzes (BBiG) im Jahr 2005 eingeführt. Nach § 5 Abs. 2 Nr. 5 und § 49 BBiG werden unter Zusatzqualifikationen zusätzliche berufliche Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten verstanden, die die berufliche Handlungsfähigkeit bedarfsgerecht ergänzen oder erweitern. Sie gehören nicht zu den Mindestinhalten des jeweiligen Ausbildungsberufsbildes und werden gesondert geprüft und bescheinigt. Beispiele sind für den Beruf Bankkauffrau bzw. Bankkaufmann die Zusatzqualifikation Finanzmanagement oder für industrielle Metallberufe die Zusatzqualifikationen Prozessintegration und Systemintegration. Auch der Europäische Computerführerschein (ECDL) – im vergangenen Jahr durch International Certification for Digital Literacy (ICDL) abgelöst – sowie Zusatzqualifikationen, die fremdsprachliche Kenntnisse oder betriebswirtschaftliche Kenntnisse vermitteln (letzteres etwa bei Handwerksberufen), zählen hierzu. Vgl. https://www.bibb.de/ausbildungplus/de/34711.php (letzter Abruf am 15. Januar 2021) und BIBB (2018a: 16). Davon abzugrenzen sind Wahlqualifikationen, die bereits im Jahr 2000 eingeführt wurden. Ihre Verwendung kommt vor allem für hoch spezialisierte Branchen in Betracht, in denen eine über Fachrichtungen hinausgehende Spezialisierung erforderlich ist. Vgl. BIBB (2019a: 80).
181 Vgl. Flake et al. (2019: 14).
182 Hierzu könnte auch ein Mangel an geeignetem Prüfungspersonal beitragen. Da die Prüfung im Rahmen der Abschlussprüfung durchgeführt wird, muss der Prüfungsausschuss auch fachlich geeignet sein, die Prüfung der Zusatzqualifikation abzunehmen. Dies ist für Zusatzqualifikationen, die in engem fachlichen Zusammenhang zum anerkannten Ausbildungsberuf stehen, leichter zu gewährleisten. Vgl. BMBF (2016b: 52).
183 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 88).
184 Vgl. Zinke (2019: 104f.).
185 KMU sind weniger gut mit (teurer) Technik ausgestattet. Immer noch verfügen nicht alle Berufsschulen über ein eigenes WLAN-Netz. Vgl. Kirchmann et al. (2021: 56 und 84f.).
186 Vgl. Flake et al. (2019: 12).
187 Vgl. hier und im Folgenden Kirchmann et al. (2021).
188 Vgl. Seyda et al. (2018: 111) und schriftliche Information des IW vom 7. Oktober 2020.
189 Die europäische Klassifizierung von Bildungsaktivitäten (Classification of Learning Activities, CLA) ist ein personenbezogenes Konzept und unterscheidet drei Formen von Bildungs- und Lernaktivitäten: formale Bildungsaktivitäten, non-formale Bildungsaktivitäten und informelle Lernaktivitäten. Non-formale Bildungsaktivitäten umfassen Bildungsaktivitäten, die nicht als formale Bildungsaktivität klassifiziert werden, d.h. nicht zu einer Qualifikation gemäß dem Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) führen, aber in ein organisiertes Lehr-/Lernarrangement im Sinne einer Lehrer-Schüler-Beziehung eingebettet sind. Hierbei ist eine persönliche Anwesenheit von Lehrerinnen und Lehrern sowie Schülerinnen und Schülern allerdings nicht erforderlich. Informelle Lernaktivitäten umfassen alle Lernaktivitäten, die weder den formalen noch den non-formalen Bildungsaktivitäten zuzurechnen sind, d.h. nicht in institutionalisierten Kontexten stattfinden. Die Weiterbildungsbeteiligung von Personen wird hier und im Folgenden – auf Basis von Daten des Adult Education Surveys (AES) – an der Beteiligung an non-formalen Bildungsaktivitäten gemessen. Vgl. BMBF (2019c), BIBB (2020: 300ff.) und Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020: 215). Im AES werden konkret folgende Formen non-formaler Lernaktivitäten erfragt: Kurse oder Lehrgänge, kurzzeitige Bildungs- oder Weiterbildungsveranstaltungen (z.B. Vorträge, Seminare), Schulungen am Arbeitsplatz und Privatunterricht in der Freizeit. Die Teilnahmequote beschreibt den Anteil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an allen befragten Personen, die in den zwölf Monaten vor der Befragung an mindestens einer non-formalen Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen haben. Vgl. BIBB (2020: 300ff.). Die Teilnahmequoten beziehen sich hier auf die Bevölkerung im Alter von 25 bis 64 Jahren. Bei dieser Altersgruppe ist anzunehmen, dass die Mehrheit der Personen ihre Erstausbildung bereits beendet hat.
190 Vgl. BIBB (2020: 303).
191 Zu den betrieblichen Weiterbildungsaktivitäten gehören alle Weiterbildungsaktivitäten, die ganz oder überwiegend während der bezahlten Arbeitszeit oder einer bezahlten Freistellung für Bildungszwecke erfolgen oder bei denen direkte Weiterbildungskosten mindestens anteilig vom Arbeitgeber übernommen werden. Die individuelle berufsbezogene Weiterbildung umfasst alle verbleibenden Weiterbildungsaktivitäten, die vorwiegend aus beruflichen Gründen erfolgen. Die Erfassung der Weiterbildungsquoten unterschied sich im Jahr 2018 leicht von derjenigen der Vorjahre. Im Ergebnis verändert sich die Teilnahmequote an berufsbezogener Weiterbildung insgesamt allerdings kaum. Auf der darunter liegenden Ebene werden jedoch eine leicht höhere Teilnahmequote im Bereich der betrieblichen Weiterbildung und eine leicht niedrigere Teilnahmequote im Bereich der individuellen berufsbezogenen Weiterbildung gemessen. Die deutliche Zunahme der Quote der Teilnahme an betrieblicher Weiterbildung im Jahr 2018 lässt sich jedoch nicht auf diesen Erhebungseffekt zurückführen. Vgl. BIBB (2020: 300ff.). Die hier genannten Zahlen zur individuellen Weiterbildungsbeteiligung unterscheiden sich wegen verschiedener Datengrundlagen leicht von denjenigen in Kapitel C 1.
192 Die Teilnahmequote an berufsbezogener Weiterbildung bei Personen ohne abgeschlossene Berufsausbildung betrug im Jahr 2018 29 Prozent, bei Personen mit einer Lehre bzw. einem Berufsfachschulabschluss 42 Prozent, bei Personen mit Meister- oder vergleichbarem Abschluss 63 Prozent und bei Personen mit Fachhochschul- oder Hochschulabschluss 62 Prozent. Vgl. hier und im Folgenden BIBB (2020: 304f.).
193 Datengrundlage ist hier das Nationale Bildungspanel (NEPS). Das NEPS ist eine jährliche Panelbefragung von in Deutschland lebenden Personen mit dem Schwerpunkt auf Bildungsprozesse und Kompetenzentwicklungen über den gesamten Lebensverlauf. Vgl. Heß et al. (2019).

194 Vgl. Heß et al. (2019).

195 Diese Ergebnisse basieren auf Daten des IAB-Betriebspanels. Das IAB-Betriebspanel ist eine jährlich durchgeführte Befragung von rund 16.000 Betrieben in Deutschland zu einer Vielzahl von betrieblichen Themen. Im IAB-Betriebspanel gilt ein Betrieb als weiterbildungsaktiv, wenn Beschäftigte für Maßnahmen der Weiterbildung freigestellt werden oder für die Weiterbildung die Kosten ganz oder teilweise vom Betrieb übernommen werden. Der Bezugszeitraum ist jeweils das erste Geschäftshalbjahr der hier dargestellten Jahre. Vgl. Gehrke et al. (2021: 108), BIBB (2020: 307ff.) und Janssen und Leber (2015). Weitere Unternehmensbefragungen ergeben eine deutlich höhere Weiterbildungsbeteiligung von Unternehmen. Aufgrund von Unterschieden in den Untersuchungseinheiten und im Weiterbildungsbegriff sind die Erhebungen jedoch nur eingeschränkt miteinander vergleichbar. Laut der fünften europäischen Erhebung zur betrieblichen Weiterbildung (CVTS5), in der Unternehmen ab zehn Beschäftigten befragt werden, waren im Jahr 2015 in Deutschland 77 Prozent der Unternehmen weiterbildungsaktiv. Vgl. BIBB (2018b: 351f.). Gemäß der IW-Weiterbildungserhebung 2020 lag die Weiterbildungsbeteiligung von deutschen Unternehmen im Jahr 2019 sogar bei rund 88 Prozent. Vgl. Seyda und Placke (2020: 107).

196 Vgl. Gehrke et al. (2021: 108). Dabei gilt es zu beachten, dass sowohl laut IW-Weiterbildungserhebung als auch laut CVTS5 kleine Unternehmen jedoch mehr Zeit in Weiterbildung investierten als mittlere und große Unternehmen. Vgl. Seyda und Placke (2017: 7ff.).

197 Dies zeigt etwa die IW-Weiterbildungserhebung 2020. Vgl. Seyda und Placke (2020). Vgl. auch Gehrke et al. (2021), Gehrke et al. (2019) und Janssen et al. (2018).

198 Vgl. hier und im Folgenden Kirchmann et al. (2021: 76).

199 16 Prozent der betrieblichen Weiterbildungsaktivitäten wurden von gemeinschaftlichen Anbietern, 14 Prozent von kommerziellen Anbietern, 4 Prozent von staatlichen Anbietern und 2 Prozent von sonstigen Anbietern durchgeführt. Vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020: 211f.).

200 5 Prozent der individuellen berufsbezogenen Weiterbildungsaktivitäten entfielen auf sonstige Anbieter. Vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020: 211f.).

201 Im Jahr 2018 nahmen lediglich 4 Prozent der 18- bis 64-Jährigen an einer von einer Hochschule oder anderen wissenschaftlichen Einrichtung angebotenen non-formalen Weiterbildung teil. Hier ist die Teilnahme an nicht berufsbezogenen Weiterbildungsaktivitäten inkludiert. Vgl. BMBF (2019c: 63).

202 Vgl. u.a. WR (2019) und Hightech-Forum (2020).

203 Die am 6. April 2012 in Kraft getretene AZAV ist eine Rechtsverordnung des BMAS aufgrund § 184 SGB III. Die von den Agenturen für Arbeit oder den Jobcentern an Arbeitsuchende herausgegebenen Bildungsgutscheine bzw. Aktivierungs- und Vermittlungsgutscheine (AVGS) können nur für nach AZAV zertifizierten Bildungsmaßnahmen bei entsprechend zertifizierten Bildungsträgern eingelöst werden.

204 Im Jahr 2017 verfügten laut Weiterbildungsmonitor 80 Prozent der Weiterbildungsanbieter über mindestens ein Qualitätsmanagementsystem, davon gut ein Drittel ohne externe Zertifizierung. Vgl. BIBB (2019b). Verbreitet ist die Zertifizierung nach ISO 9001 und ISO 29990 für Arbeitsmarkt- und Bildungsdienstleister durch CERTQUA. Die CERTQUA wurde 1994 als ein Unternehmen der Spitzenverbände der deutschen Wirtschaft und des Branchenverbandes Wuppertaler Kreis e.V. gegründet. Sie ist eine nach ISO 17021 und ISO 17065 akkreditierte Zertifizierungsorganisation für die Spezialbereiche Arbeitsmarkt, Bildung und Dienstleistung.

205 So weisen etwa freiwillige Kundenbewertungen typischerweise eine erhebliche Stichprobenverzerrung auf. Vgl. Marinescu et al. (2018).

206 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 66 und 85). Eine Prüfung durch die IT-Sicherheit wird zum Teil als Hemmnis für eine schnelle Anpassung gesehen.

207 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 67f.).

208 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 71f.).

209 Vgl. hier und im Folgenden Kirchmann et al. (2021: 66f.) und Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020: 228). Im Jahr 2016 nutzten bereits 84 Prozent der weiterbildungsaktiven Unternehmen digitale Lernangebote. Vgl. Seyda et al. (2018: 118).

210 Vgl. Kirchmann et al. (2021: 67).

211 Um die Kräfte zu bündeln, bildeten die Bundesregierung, die Spitzenverbände der deutschen Wirtschaft, die Gewerkschaften, die BA und die Länder zunächst für die Jahre 2015 bis 2018 die Allianz für Aus- und Weiterbildung. 2019 unterzeichneten die Partner eine neue Vereinbarung der Allianz bis zum Jahr 2021. Sie setzt sich dafür ein, dass die duale Ausbildung bedarfsgerecht auf die Erfordernisse einer zunehmend digitalisierten und vernetzten Wirtschaft ausgerichtet wird. Vgl. https://www.aus-und-weiterbildungsallianz.de/AAW/Navigation/DE/Home/home.html und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/ausbildung-und-beruf.html (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

212 Auf europäischer Ebene gibt es ebenfalls Initiativen: Die Europäische Union hat im Jahr 2020, auf Basis der Agenda für Kompetenzen aus dem Jahr 2016, die Europäische Kompetenzagenda für nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit, soziale Gerechtigkeit und Resilienz beschlossen. In der neuen Europäischen Kompetenzagenda werden zwölf bildungspolitische Ziele formuliert, die insbesondere die Verbesserung bestehender Kompetenzen (Weiterbildung) und den Erwerb neuer Kompetenzen (Umschulung) betreffen. Die Ziele sollen bis zum Jahr 2025 erreicht werden. Vgl. https://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=de&catId=1223 und https://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=de&catId=89&newsId=9723&furtherNews=yes (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

213 Vgl. Esser et al. (2016) und Zinke (2019).

214 Die Strategie Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft, die im Jahr 2016 vom BMBF formuliert wurde, stellt einen systematischen bildungsbereichsübergreifenden Handlungsrahmen zur Förderung digitaler Bildung in Deutschland dar. Sie identifiziert die folgenden fünf Handlungsfelder: digitale Bildung vermitteln, leistungsfähige digitale Infrastrukturen ausbauen, einen zeitgemäßen Rechtsrahmen schaffen, die strategische

Organisationsentwicklung unterstützen und Potenziale der Internationalisierung nutzen. Für diese fünf Handlungsfelder werden konkrete Zielszenarien der Bildungswelt digital 2030 benannt, ein Überblick über laufende und neue Aktivitäten gegeben und darüber hinaus bestehende Handlungsbedarfe formuliert. Vgl. BMBF (2016a).

215 Vgl. hier und im Folgenden BMBF (2017) und https://www.bmbf.de/de/dachinitiative-berufsbildung-4-0-11808.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Die Dachinitiative Berufsbildung 4.0 ist auch Teil der BMBF-Digitalstrategie. Die BMBF-Digitalstrategie konkretisiert fünf zentrale gesellschaftliche Bereiche, in denen das BMBF den digitalen Wandel mitgestalten wird. Einer dieser Bereiche lautet Digitale Bildung und Ausbildung und ihre Institutionen stärken. Vgl. BMBF (2019b).

216 Für eine Übersicht über die Programme der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 vgl. https://www.bmbf.de/de/dachinitiative-berufsbildung-4-0-11808.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Im Jahresgutachten 2018 hat die Expertenkommission die Programme der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 dargestellt. Vgl. EFI (2018: 36). Die Dachinitiative ist seitdem weiterentwickelt und um weitere Programme ergänzt worden.

217 Vgl. https://www.bmbf.de/de/nationale-weiterbildungsstrategie-8853.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

218 Vgl. hier und im Folgenden BMAS und BMBF (2019).

219 Vgl. hier und im Folgenden https://www.bmas.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/forschungsprojekt-kompetenz-kompass-gestartet.html und https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Thema-Aus-Weiterbildung/presseinfo-kompetenz-kompass.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021). In dem Forschungsprojekt wurden auf Grundlage von Unternehmens- und Beschäftigtendaten zwei Verfahren entwickelt und geprüft. Das erste Verfahren vergleicht die Kompetenzprofile von Beschäftigten in Betrieben, in denen bereits in höherem Maße moderne Technologien eingeführt wurden, mit denjenigen in Betrieben mit geringerem Digitalisierungsgrad. Ergebnisse dazu sind noch nicht veröffentlicht. Beim zweiten Verfahren wurde die Entwicklung der Bedeutung von Kompetenzanforderungen anhand von Stellenangeboten abgeschätzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswertung von Stellenanzeigen grundsätzlich dazu geeignet ist, die Entwicklung von Kompetenzanforderungen mit hoher Aktualität und Validität entlang von Berufen, Anforderungsniveaus und Regionen nachzuzeichnen. Vgl. Stops et al. (2020).

220 Vgl. Rüschoff (2019: 5).

221 Für eine Übersicht der ASCOT+-Projekte vgl. BIBB (2020: 385) und https://www.ascot-vet.net/de/ascot-projekte.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021). ASCOT+ ist das Nachfolgeprogramm der im Zeitraum von 2011 bis 2015 geförderten Forschungsinitiative ASCOT und soll deren Ergebnisse weiterentwickeln und in die Ausbildungspraxis übertragen. In ASCOT sind für ausgewählte Berufsfelder IT-gestützte, valide Messverfahren entstanden, die berufliche Handlungskompetenzen, u.a. auch soziale Kompetenzen, von Auszubildenden sichtbar machen. Vgl. BMBF (2017: 11).

222 Vgl. https://www.qualifizierungdigital.de/de/programm-23.php und https://www.qualifizierungdigital.de/de/foerderbekanntmachungen-106.php (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021). Es sollen beispielsweise praktikable Lösungen für das Lehren und Lernen mit mobilen Technologien entwickelt und die Medienkompetenz von Auszubildenden und Ausbildungspersonal verbessert werden. Vgl. EFI (2018: 36).

223 Vgl. hier und im Folgenden https://www.bmbf.de/de/qualifizierungsinitiative-digitaler-wandel---q-4-0-10065.html, https://www.foraus.de/de/seminarkonzept-medien-und-it-kompetenz-fuer-ausbildungspersonal-mika-119648.php und https://netzwerkq40.de/de/ (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

224 Vgl. hier und im Folgenden BMBF (2019a) und BMBF (2017). Weitere Programme im Rahmen der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 zur Förderung der Modernisierung der Ausbildung durch KMU sind das Sonderprogramm Förderung von Digitalisierung in überbetrieblichen Berufsbildungsstätten – ÜBS-Digitalisierung und die 2019 aufgesetzte Förderlinie Zukunft gestalten – Innovationen für eine exzellente berufliche Bildung (InnoVET). Ersteres fördert die digitale Ausstattung und den Einsatz berufspädagogisch innovativer (digitaler) Ausbildungskonzepte in der überbetrieblichen Ausbildung, die überwiegend von KMU genutzt wird. InnoVET fördert die Schaffung von Innovations-Clustern, in denen lokale oder Branchenakteure innovative und durchlässige Aus- und Weiterbildungsformate entwickeln und erproben. Insbesondere werden KMU dabei unterstützt, exzellente Ausbildungsangebote zu machen, mit dem Ziel, die Attraktivät und Gleichwertigkeit der beruflichen Ausbildung zu sichern. Vgl. BMBF (2019d), https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2217.html und https://www.bmbf.de/de/innovet.html (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

225 Vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020: 224f.).

226 Das Qualifizierungschancengesetz erweitert das Programm WeGebAU (Weiterbildung Geringqualifizierter und beschäftigter älterer Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer in Unternehmen) der BA. Bei diesem Programm waren die Zugangsvoraussetzungen an die Qualifikation und das Lebensalter der zu fördernden Beschäftigten und die Unternehmensgröße geknüpft. Vgl. Pfeiffer et al. (2019).

227 Vgl. Bundesanzeiger (2018), https://www.bmas.de/DE/Schwerpunkte/Nationale-Weiterbildungsstrategie/qualifizierungsoffensive.html und https://www.bmas.de/DE/Themen/Aus-und-Weiterbildung/Weiterbildungsfoerderung/weiterbildungsfoerderung.html (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

228 Vgl. BMAS (2020b) und https://www.bmas.de/DE/Themen/Aus-und-Weiterbildung/Weiterbildungsfoerderung/weiterbildungsfoerderung.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

229 Vgl. IG Metall (o.J.).

230 Vgl. BMAS (2020a).

231 Vgl. auch EFI (2018: 34 und 37).

B 3

232 Vgl. Elsner (2021: 21ff.).

233 Vgl. Elsner (2021: 23f.).

234 Unter der Leitung des CRISPR-Pioniers Feng Zhang haben Forscherinnen und Forscher des Broad Institute beispielsweise einen Covid-19-Antigentest entwickelt, der am 6. Mai 2020 in einem Eilverfahren von der FDA (Food and Drug Administration) zugelassen wurde. Der Test basiert dabei auf einer 2017 entwickelten Methode namens SHERLOCK (Specific High Sensitivity Enzymatic Reporter Unlocking), die sich auf die Fähigkeit der CRISPR-Methode stützt, bestimmte Gensequenzen zu lokalisieren. Dabei wird zunächst ein Leitmolekül, das sich an einen bestimmten Abschnitt des SARS-CoV-2-Genoms anheftet, programmiert. Falls das Leitmolekül eine Übereinstimmung findet, erzeugt das CRISPR-Enzym ein Signal, das entweder als fluoreszierendes Leuchten oder als dunkler Strich auf einem Papiermessstab erkannt werden kann.

235 Mit Hilfe von sogenanntem CRISPR-Screening ist es z.B. möglich, die Gene zu entschlüsseln, die für bestimmtes Zellverhalten verantwortlich sind. Vgl. Sharma und Petsalaki (2018).

236 Vgl. Deutscher Bundestag (2017).

237 Vgl. acatech (2017: 8f.).

238 Ein Gen ist ein Abschnitt auf der DNA eines Chromosoms, der bestimmte Proteinbausteine codiert oder eine bestimmte Regulationsfunktion hat.

239 Vgl. Doudna (2020).

240 Vgl. hier und im Folgenden Elsner (2021).

241 Auf Deutsch etwa: gebündelte regelmäßig angeordnete kurze palindromische Wiederholungen. In einer palindromischen Sequenz liegt in den beiden DNA-Strängen in jeweils entgegengesetzter Richtung orientiert die gleiche Basensequenz vor.

242 CRISPR-Systeme können auch aus mehr als zwei Komponenten bestehen. In natürlichen CRISPR-Systemen kommen meist mindestens drei Komponenten zum Einsatz.

243 Vgl. Cathomen und Puchta (2018: 154).

244 Medizinische Anwendungen von CRISPR/Cas können eingeordnet werden in Eingriffe, die nur das therapierte Individuum betreffen (somatische Therapie), und Eingriffe, deren genetische Veränderung weitervererbt wird (Keimbahneingriffe). Während somatische Therapien ethisch unbedenklich sind, wird die ethische Vertretbarkeit von Keimbahntherapien von Fachleuten kontrovers diskutiert. Vgl. Reich et al. (2015: 12) und Leopoldina et al. (2015: 4). Die ersten Keimbahneingriffe an Menschen, die in China stattfanden, wurden wegen ihrer damaligen Risiken international scharf kritisiert und in China sanktioniert. Vgl. Cyranoski (2020) und Lander et al. (2019).

245 Im Rahmen der Keimbahntherapie erfolgt die Behandlung genetischer Erkrankungen durch Korrektur oder Ersatz des defekten Gens entweder in Keimzellen oder in Embryonen bzw. Embryonalzellen eines frühen Entwicklungsstadiums oder in Vorkernstadien, was zur Folge hat, dass das eingebrachte genetische Material an die Nachfolgegenerationen weitervererbt wird. Vgl. Dederer und Frenken (2020: 1f.).

246 Die verschiedenen Therapieansätze haben jeweils Vor- und Nachteile. Eine Schwierigkeit bei Gentherapien liegt darin, dass jede Zelle, die Ziel des Eingriffs ist, auch erreicht werden muss. Eine Möglichkeit hierfür ist Keimzellen in-vitro zu behandeln. Das ist technisch leichter zu bewerkstelligen, als CRISPR/Cas innerhalb eines Organismus in die jeweiligen Zielzellen zu bringen. Methoden, die eine große Anzahl von Zellen von Patientinnen und Patienten erreichen können, existieren für die meisten Organe noch nicht. Das liegt u.a. daran, dass CRISPR/Cas vom Immunsystem erkannt und abgewehrt werden könnte. Mit einem Eingriff in Keimzellen werden die genetischen Veränderungen aber weitervererbt – und damit auch nicht intendierte Veränderungen des Erbguts durch sogenannte Off-Target-Effekte.

247 Vgl. Elsner (2021: 14ff.).

248 Für das Jahr 2026 wird der globale Markt für CRISPR/Cas-Gen-Editierung auf über sieben Milliarden US-Dollar geschätzt. Vgl. https://www.bloomberg.com/press-releases/2019-05-06/global-crispr-and-cas-gene-market-to-surpass-us-7-603-8-million-by-2026 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

249 Der Bereich Medizin und Gesundheit umfasst u.a. Arbeiten zur Behandlung und Erforschung von Krankheiten oder zu pharmazeutischen Anwendungen wie Antikörpern oder Impfungen. Die Abgrenzung folgt Martin-Laffon et al. (2019), wobei die Bereiche Medizin und pharmazeutische Anwendungen im Bereich industrielle Anwendungen zusammengefasst werden. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 20).

250 Arbeiten in der Kategorie technische Verbesserungen tragen zur Verbesserung von CRISPR/Cas als Technologie bei und beschränken sich nicht auf einen der anderen Bereiche (Gesundheit und Medizin, Landwirtschaft, industrielle Anwendungen). Beispiele für technische Verbesserungen sind Verbesserungen der Methoden, um CRISPR/Cas in Zellen zu bringen, andere Nukleasen als Cas9 zu nutzen oder Off-Target-Effekte zu reduzieren. Vgl. Martin-Laffon et al. (2019).

251 Vgl. Jinek et al. (2012). Während für CRISPR/Cas grundsätzlich verschiedene Cas-Proteine zum Einsatz kommen können, basiert die genannte Arbeit auf dem Einsatz von Cas9.

252 Vgl. Cong et al. (2013) und Mali et al. (2013). Während für CRISPR/Cas grundsätzlich verschiedene Cas-Proteine zum Einsatz kommen können, basiert die genannte Arbeit auf dem Einsatz von Cas9.

253 Vgl. Doudna (2020).

254 Für Beta-Thalassämie und Sichelzellanämie besteht der einzige Therapieansatz bisher in regelmäßigen Bluttransfusionen, die mit potenziell lebensverkürzenden Nebenwirkungen, wie beispielsweise der Eisenüberladung wichtiger Organe, einhergehen. CRISPR/Cas ermöglicht neue Therapieansätze für diese Krankheiten, die derzeit in klinischen Studien getestet werden. Ziel der Gentherapie ist es, dass die Patientinnen und Patienten nach der Behandlung normale Blutwerte aufweisen und keine weiteren Bluttransfusionen mehr benötigen. Erste Ergebnisse der klinischen Studien sind positiv. Vgl. CRISPR Therapeutics und Vertex (2019).

255 Für klinische Studien vgl. https://ir.editasmedicine.com/news-releases/news-release-details/allergan-and-editasmedicine-announce-dosing-first-patient (letzter Abruf am 15.Januar 2021).

256 Vgl. Mühlbäck et al. (2020) für eine Diskussion von neuen Therapieansätzen und präklinischen Studien mittels CRISPR/ Cas.

257 Vgl. Cathomen und Puchta (2018: 174).

258 Vgl. Cathomen und Puchta (2018: 150f.).

259 Vgl. Cathomen und Puchta (2018: 150f.).

260 Die Datenbasis besteht aus Veröffentlichungen in der Web of Science Core Collection mit dem Begriff „CRISPR" in Titel, Abstract oder Keywords. Um Publikationen Ländern zuzuweisen, werden die Standorte der Institutionen der Autorinnen und Autoren herangezogen. Für die Analyse werden Publikationen nicht fraktioniert gezählt, d.h., dass jedem an einer Publikation beteiligten Land auch eine Publikation zugerechnet wird. Bei dieser Zählweise führen internationale Ko-Publikationen dazu, dass die Summe der Publikationen der Länder größer ausfällt als die Gesamtzahl der erfassten Publikationen.

261 Die Zuordnung von Publikationen zu Bereichen orientiert sich an Martin-Laffon et al. (2019). Für die Zwecke dieser Analysen wurden einige Bereiche aus Martin-Laffon et al. (2019) aggregiert. Der Bereich Gesundheit und Medizin aggregiert die Bereiche Medizin und pharmazeutische Anwendungen im Bereich industrielle Anwendungen in Martin-Laffon et al. (2019). Der Bereich technische Verbesserungen aggregiert die Bereiche technische Verbesserungen und andere In-Vitro-Anwendungen in Martin-Laffon et al. (2019). Der Bereich Landwirtschaft aggregiert die Bereiche Pflanzen, Viehzucht und Aquakulturen in Martin-Laffon et al. (2019). Der Bereich industrielle Anwendungen umfasst den Bereich industrielle Anwendungen in Martin-Laffon et al. (2019), allerdings ohne pharmazeutische Anwendungen. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 20).

262 Jede Publikation ist genau einem Bereich zugeordnet. Die Publikationslandschaft insgesamt ist durch eine starke Konzentration geprägt. In drei der vier Bereiche entfällt etwa die Hälfte aller Publikationen weltweit auf jeweils ein Land. Im Bereich Landwirtschaft entfällt etwa die Hälfte aller Publikationen auf China, in den Bereichen Gesundheit und Medizin sowie technische Verbesserungen entfällt etwa die Hälfte aller Publikationen auf die USA. In allen vier Bereichen liegen Forscherinnen und Forscher in Deutschland, gemessen an der Anzahl der Publikationen, in den Top 5. Deutschland erreicht im Bereich technische Verbesserungen mit Rang drei den höchsten Rang im Ländervergleich. Im Bereich Gesundheit und Medizin kommt Deutschland mit Rang fünf auf sein schlechtestes Ergebnis.

263 Betrachtet man das Wachstum der Publikationszahlen aufgeschlüsselt in die Bereiche Landwirtschaft, Gesundheit und Medizin, industrielle Anwendungen sowie technische Verbesserungen, zeigt sich in allen Bereichen ein starker Anstieg. Dabei konnten bis 2015 die meisten Publikationen dem Bereich technische Verbesserungen zugeordnet werden. Seit 2016 entfallen die meisten Publikationen auf den Bereich Gesundheit und Medizin.

264 Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 22).

265 Vgl. LaManna und Barrangou (2018).

266 Vgl. Kamens (2015) und https://blog.addgene.org/addgene-depositors-get-more-citations (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Darüber hinaus ermöglicht die freie Verfügbarkeit von Forschungsdaten z.B., in diesen Daten nach neuen CRISPR-Proteinen zu suchen oder sie zu nutzen, um die Prozesse zur Optimierung von Leit-RNAs zu verbessern.

267 Das Broad Institute ist ein biomedizinisches Forschungszentrum des Massachusetts Institute of Technology und der Harvard University. Vgl. https://www.broadinstitute.org/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

268 Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 14ff.) und https://www.sciencemag.org/news/2020/09/latest-round-crispr-patent-battle-has-apparent-victor-fight-continues (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

269 Unterschiede in den rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. eingeschränkte Forschung an Embryonen) können sich auf die quantitativen und qualitativen Publikationsmöglichkeiten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den jeweiligen Ländern auswirken.

270 Der Anteil von Publikationen, der in hochzitierten Zeitschriften veröffentlicht wird, ergibt sich aus der Anzahl von Publikationen in hochzitierten Zeitschriften im Verhältnis zu der Anzahl aller Publikationen. Für Länder mit einer geringen Anzahl an Publikationen kann dieser nicht sinnvoll interpretiert werden.

271 CRISPR-Patentfamilien wurden auf Lens.org identifiziert. Zur Identifikation wurde die gleiche Suchstrategie verwendet wie in Martin-Laffon et al. (2019). Dafür wurde der Suchterm [CRISPR OR Cas9 OR Cpf1 OR gRNA* OR sgRNA* OR "RNA* guide*" OR "guide* RNA*"] auf Titel, Abstract und Claim von Patenten mit Prioritätsdatum bis 31. Dezember 2019 angewendet. Die so identifizierten Patentfamilien wurden händisch geprüft, um doppelte Einträge zu löschen und Treffer zu entfernen, die nicht direkt mit CRISPR-Systemen in Zusammenhang stehen. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 21). Da unterschiedliche Patent-Jurisdiktionen die Veröffentlichung von Patenten nach unterschiedlichen Fristen vornehmen, bilden die 3.652 CRISPR/Cas-Patentfamilien, die ein Prioritätsdatum bis 31. Dezember 2018 vorweisen, die Datengrundlage der Analyse. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 22).

272 Die Definition der Bereiche ist äquivalent zur Definition der Bereiche in der vorhergehenden Analyse von Publikationen. Sie orientiert sich an der Klassifikation von Martin-Laffon et al. (2019), angepasst durch Zyontz und Pomeroy-Carter (2021). Vgl. auch Endnote 260.

273 Mit 1,7 Prozent an allen CRISPR-Patentfamilien fällt der Anteil von Patentfamilien mit Erfinderinnen und Erfindern in Deutschland geringer aus als der Anteil von Patentfamilien mit Erfinderinnen und Erfindern in Deutschland an allen Patentfamilien weltweit. Gemessen an Patentfamilien, die im WIPO IP Statistics Data Center erfasst sind, beläuft sich dieser Anteil auf 3,2 Prozent.

274 Fast 40 Prozent der hier erfassten Patente von Erfinderinnen und Erfindern in Deutschland wurden im Jahr 2018 angemeldet. Vor 2015 wurden keine CRISPR/Cas-Patente von Erfinderinnen und Erfindern in Deutschland angemeldet. Die Dynamik der Patentanmeldungen aus Deutschland könnte zwar seit 2018 zugenommen haben, ein belastbares Urteil ist aber auf Basis der aktuell verfügbaren Daten nicht möglich. Auch dürfte eine höhere Dynamik bei Patentanmeldungen aus Deutschland nicht

darüber hinwegtäuschen, dass Erfinderinnen und Erfinder aus Deutschland auch weiterhin nur einen Bruchteil der Patentanmeldungen vorweisen können, die z.B. von Erfinderinnen und Erfindern aus den USA beantragt werden.

275 Die Datenbasis zu CRISPR/Cas-Unternehmen kann unvollständig sein. Es ist auf Basis der Suchstrategie z.B. nicht möglich, Unternehmen zu identifizieren, die kein Patent angemeldet haben und bisher nicht mit einer Webseite zu ihren CRISPR-Arbeiten an die Öffentlichkeit gegangen sind. Unternehmen könnten angesichts der laufenden Patentstreitigkeiten und zum Schutz geistigen Eigentums darauf verzichten, mit ihrem Unternehmen an die Öffentlichkeit zu gehen. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 23).

276 Diese Einschränkung reduziert insbesondere die Anzahl betrachteter chinesischer Unternehmen, für die in 258 Fällen nur Informationen zu Patenten verfügbar sind. Nur zu acht chinesischen Unternehmen sind darüber hinausgehende Informationen verfügbar. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 55).

277 Aufgrund von Unterschieden in der Zählweise unterscheiden sich die Unternehmenszahlen in dieser Analyse von den Unternehmenszahlen in Zyontz und Pomeroy-Carter (2021). Im Gegensatz zu Zyontz und Pomeroy-Carter (2021) entfällt hier die Kategorie Ownership, die Unternehmen enthält, die Anteile an CRISPR/Cas-Unternehmen halten. Hier werden nur die CRISPR/Cas-Unternehmen selbst gezählt.

278 Da einige Unternehmen in mehreren Bereichen tätig sind, ist die Summe der Unternehmen in den Bereichen größer als die Gesamtzahl der 278 identifizierten CRISPR/Cas-Unternehmen.

279 Es sind nur für 115 der insgesamt 134 Unternehmen der USA Zahlen zu Mitarbeitenden verfügbar.

280 Es liegen nur für acht der insgesamt neun deutschen CRISPR/Cas-Unternehmen Daten zum Gründungsjahr vor. Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021).

281 Diesen Eindruck bestätigen auch Gespräche mit Fachleuten.

282 Die durchsuchten Datenbanken für klinische Studien sind https://www.clinicaltrials.gov/ und https://apps.who.int/trialsearch/ (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021). Die darin aufgeführten Informationen wurden über Angaben der Dimensions-Datenbank https://www.dimensions.ai/ ergänzt (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Vgl. Zyontz und Pomeroy-Carter (2021: 24).

283 Vgl. https://www.drks.de/drks_web/navigate.do?navigationId=trial.HTML&TRIAL_ID=DRKS00019110 (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

284 Neben Deutschland sind das China, Frankreich, Großbritannien, Japan, die Schweiz, Südkorea sowie die USA.

285 Advanced Therapy Medicinal Products, ATMPs.

286 Ein Gentherapeutikum ist ein biologisches Arzneimittel, dessen Wirkstoff eine DNA oder RNA enthält oder daraus besteht. Vgl. https://www.pei.de/DE/arzneimittel/atmp/gentherapeutika/gentherapeutika-node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021). Bei Biopharmazeutika handelt es sich um therapeutische Arzneimittel, deren Wirkstoffe mit Hilfe gentechnisch veränderter Organismen hergestellt werden. Vgl. Lücke et al. (2020: 9).

287 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 1).

288 In Bezug auf die Regulierung der somatischen Gentherapie wird der Schwerpunkt auf die Betrachtung der einschlägigen arzneimittel- bzw. (bio-)medizinrechtlichen Vorschriften der jeweiligen Länder gelegt.

289 Darüber hinaus werden Tierversuche im Rahmen der Grundlagen- und präklinischen Forschung durch die Vorschriften des Tierschutzgesetzes (TierSchG) erfasst. Vgl. Dederer und Frenken (2021: 2).

290 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 7).

291 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 79).

292 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 79).

293 Vgl. Lücke et al. (2020: 4 und 55).

294 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 4 und 11).

295 In China, Japan, Südkorea und den USA ergeben sich gewisse Abweichungen beim System der Präventivkontrolle. Vgl. Dederer und Frenken (2021: 92).

296 Dem Antrag ist darüber hinaus auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) beizufügen. Ebenso obliegt die gentechnikrechtliche Zuständigkeit für das geschlossene System den Ländern. Vgl. Dederer und Frenken (2021: 12f. und 99).

297 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 93).

298 Auch in den USA ist eine dem Entwicklungsstand des Gentherapeutikums angepasste Anwendung des GMP-Standards zu beobachten. Dort werden die Anforderungen an Zusammensetzung, Herstellung und Kontrolle des Prüfpräparats flexibel, aber im Verlauf der Produktentwicklung zunehmend strenger gehandhabt. Gleiches gilt für Japan, wo der GMP-Standard für Prüfpräparate tendenziell geringer ist als für Endprodukte. Vgl. Dederer und Frenken (2021: 93).

299 Gentherapeutika, die in Deutschland in klinischen Prüfungen Verwendung finden, müssen ab Phase I und II uneingeschränkt dem GMP-Standard entsprechen. Vgl. Dederer und Frenken (2021: 80).

300 Außerdem müssen dem Antrag Angaben zum Gegenstand und zu den Zielen der klinischen Studien sowie der Prüfplan beigefügt werden. Vgl. Dederer und Frenken (2021:15).

301 Bei multizentrischen Studien handelt es sich um Studien, die an verschiedenen Studienzentren gleichzeitig durchgeführt werden.

302 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 97).

303 Vgl. Deutscher Ethikrat (2019: 44).

304 Vgl. Deutscher Ethikrat (2019: 44 und 177) und https://www.who.int/news/item/19-03-2019-who-expert-panel-paves-way-for-strong-international-governance-on-human-genome-editing (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

305 Vgl. Deutscher Ethikrat (2019: 174 und 234).

306 In den USA gilt die Genehmigung für klinische Prüfungen nach Ablauf einer 30-tägigen Frist als erteilt, d.h. zwar nicht rechtsdogmatisch, aber faktisch handelt es sich um ein Anmeldungsverfahren. Vgl. Dederer und Frenken (2021: 27 und 92f.).

307 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 92f.).

308 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 86 und 112).

309 Während 2013 lediglich drei Genehmigungsanträge für klinische Studien für Gentransferarzneimittel bzw. GVO beim PEI angemeldet wurden, waren es 2019 bereits 31. Dies ist u.a. auf die rasante Entwicklung der Wissenschaft

im Bereich der regenerativen Medizin zurückzuführen. Vgl. EASAC und FEAM (2020: 1), Dederer und Frenken (2021: 112) und https://www.pei.de/DE/regulation/klinische-pruefung/bearbeitungsstatistik/statistik-node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

310 Eine Vereinfachung des Genehmigungsverfahrens wäre nur durch eine Änderung des Unionsrechts erreichbar.

311 Vgl. EFI (2015: 69) und WR (2018: 15f.).

312 Vgl. WR (2018: 8f. und 22). Für eine ausführliche Differenzierung zwischen kommerziellen und nichtkommerziellen klinischen Studien vgl. Bührlen et al. (2010).

313 Vgl. WR (2018: 5 und 22) und https://www.bfarm.de/DE/Arzneimittel/Arzneimittelzulassung/KlinischePruefung/Nicht-kommerziellePruefungen/_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

314 Vgl. WR (2018: 9).

315 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 108).

316 Vgl. WR (2018: 41 und 44).

317 Vgl. acatech (2017: 9). Der Mangel an Wagniskapital und anderen Finanzierungsquellen gilt dabei für den gesamten Biotechnologie-Bereich in Deutschland. Vgl. Bauernhansl et al. (2019); KfW Research (2020); Lücke et al. (2020).

318 Vgl. acatech (2017: 50), Dederer und Frenken (2021: 108), https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/milliardenpaket-koalition-will-mehr-wagniskapital-fuer start-ups-mobilisieren/26264566.html und https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/zukunftsfondsstart-ups-1827526 (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

319 Go-Bio initial ergänzt das 2005 gestartete Programm Go-Bio des BMBF, das gründungswillige Forschende mit innovativen Ideen aus den Lebenswissenschaften unterstützt.

320 Vgl. https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2722.html und https://www.go-bio.de/de/go-bioinitial-1702.html (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2021).

321 Vgl. https://chemh.stanford.edu/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

322 Vgl. IOM (2010: 22).

323 Vgl. WR (2018: 12 und 18).

324 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 83).

325 Vgl. Dederer und Frenken (2021: 82f.) und https://ct.catapult.org.uk/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

C 1

326 Vgl. Gehrke et al. (2021).

C2

327 Vgl. Schasse (2021).

328 Schweiz nur Daten für 2017.

C3

329 Vgl. hierzu und im Folgenden Rammer und Hünermund (2013).

330 Vgl. hierzu auch https://www.zew.de/publikationen/zew-gutachten-und-forschungsberichte/forschungsberichte/innovationen/innovationserhebung (letzter Abruf am 15. Januar 2021).

331 Vgl. Blind (2002).

332 Vgl. ISO (2011) und https://www.iso.org/members.html (Abruf am 17. Dezember 2020).

C4

333 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Bersch et al. (2021).

334 Eine interne Finanzierung ist kaum möglich, da die Unternehmen zu Beginn keine oder kaum Umsätze erwirtschaften, aus denen sie Investitionen tätigen und laufende Ausgaben bezahlen können. Auch die Aufnahme von Fremdkapital in Form von Bankkrediten gestaltet sich schwierig, da es für Banken nicht leicht ist, die Erfolgsaussichten der Unternehmen zu beurteilen.

335 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.

336 Dies ist dann gegeben, wenn investierende Marktteilnehmer nicht bei Invest Europe als Mitglied erfasst sind oder es sich um einen außereuropäischen Investor handelt.

337 Die Zephyr M&A-Datenbank enthält Informationen zu Mergers and Acquisitions (M&A), getrennt nach Private-Equity-, Venture-Capital- 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 Venture-Capital-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.

338 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.

C5

339 Allerdings ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Länderdaten nicht uneingeschränkt gegeben. Vgl. hierzu detailliert Müller et al. (2014).
340 Vgl. hierzu im Einzelnen Müller et al. (2013).
341 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2021).
342 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. (2021) und https://www.zew.de/forschung/mannheimer-unternehmenspanel/ (letzter Abruf am 15. Januar 2021).
343 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. (2021).
344 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.
345 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2021).
346 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2021).
347 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2021).
348 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2021).

C 6

349 Vgl. Neuhäusler et al. (2021).

C 7

350 Vgl. Stephen und Stahlschmidt (2021).

C 8

351 Dieser Abschnitt, die folgende Tabelle sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Gehrke und Schiersch (2021).
352 Für eine methodische Erläuterung des RCA-Indikators vgl. Schiersch und Gehrke (2014: 74f.).

D

353 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.
© 2021 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 (2021): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021, Berlin: EFI.

Gestaltung
Kognito Gestaltung, Berlin

Produktion
Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann
GmbH & Co. KG, Berlin

Redaktionsschluss: 15. Januar 2021

Die im Jahresgutachten 2021 verwendeten Abbildungen und Tabellen sowie die dazugehörigen Datensätze stehen in der Online-Version des Gutachtens sowie auf www.e-fi.de zum Herunterladen bereit.

ISBN 978-3-9819468-6-4

ISBN 978-3-9819468-6-4