

EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (Ed.)

Research Report

Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024

Gutachten, No. 2024

Provided in Cooperation with:

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Suggested Citation: EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (Ed.) (2024) : Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024, Gutachten, No. 2024, ISBN 978-3-9825134-2-3, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/289468>

Standard-Nutzungsbedingungen:

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

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

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

Terms of use:

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

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

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

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION



GUTACHTEN

2024 2025 2026

2027 2028 2029

2030 2031 2032

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION

EFI

GUTACHTEN 2024

Unser Dank gilt

Lama Ahmad, Arian Ajiri, Dr. Maximilian Alber, Prof. Dr. Peter-André Alt, Amir Amidi, Dr. Beate Antonich, Dr. Fritz Audebert, Dr. Steffen Beerbaum, Prof. Dr. Tim Beissinger, Dr. Christian Bock, Dr. Christian Böhm, Milena Bömeke, Julia Bremer, Christopher Briem, Zarah Bruhn, Charlott C. Buchholz, Nicole Burkhardt, Marco Casalaina, Dr. Christine Chemnitz, Sybil Chen, Matthew Claxton, Jessamine Davis, Prof. Dr. Hans-Georg Dederer, Prof. Sabina Deitrick, Ph.D., Prof. Dr. Christian F. Doeller, Jay Douglass, Alexander Dudde, Carlos Escapa, Prof. Dr. Peter Feindt, Alexandra Feisthauer, Prof. Dr. Robert Finger, Bill Flanagan, Prof. Erica R. H. Fuchs, Ph.D., Dr. Dominik Ganser, Peter Ganten, Gian Gentile, Ph.D., Sandro Gianella, Cody Gill, Dr. Michael A. Glass, Prof. Dr. Michael Granitzer, Robert Grey, Prof. Dr. Hans W. Griepentrog, Alexandra Groß, Florian Gwosdz, Peter Hallinan, Prof. Dietmar Harhoff, Ph.D., Dr. Martin Hellfeier, Johannes Heidecke, Dr. Sven Hendricks, Dr. Stefan Heumann, Dr. Kai Hielscher, Dr. Robert HOFFIE, Dr. Tobias Hoffmann, Prof. Dr. Karin Hoisl, Dr. David A. Honey, Eric Hough, Prof. Dr. Eva Jakob, Dr. Susan Jenkins, Prof. Dr. Christian Jung, Jay Katarincic, Zara Khan, Dr. Anja Klatt, Matthias Kleinz, Ph.D., David Korenke, Prof. Dr. Hilde Kühne, Prof. Dr. Uwe Latacz-Lohmann, Caitlin Lee, Ph.D., Johannes Lehmann, Philip Lehman, Ph.D., Stefan Lenz, Dr. Andreas Liebl, Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen, Prof. Richard K. Lyons, Ph.D., Christian Manders, M. Wade Markel, Ph.D., Prof. Dr. Volker Markl, Craig Markovic, Christopher Martin,

Rachel Mauer, Prof. Theresa Mayer, Ph.D., Prof. Tim McNulty, Ph.D., Pamela Mishkin, Catherine Mott, Dr. Bertold Neizert, Osman Nergiz, Michael Neuber, Paul Overby, Hubertus Paetow, Giambattista Parascandolo, Ph.D., Bill Peduto, Alexander Peter, Prof. Dr. Peter Pickel, Elizabeth Proehl, Ryan Pulley, Prof. Dr. Martin Qaim, Prof. Dr. Matthias Raith, Dr. Christian Rammer, Dr. Hedi Razavi, Christopher Reed, Prof. Phillip Regalia, Ph.D., Dr. Dominik Rehse, Dr. Arvid Requate, Constanze Ruesga Rath, Joachim Rukwied, Kirsten Rulf, Evelina Santa-Kahle, Prof. Sebastian Scherer, Ph.D., Nelli Schiebeler, Prof. Dr. Karl Schmid, Dr. Magnus Schmitt, Dr. Georg Schütte, Beth Schwanke, JD, Prof. Nicholas Shapiro, Ph.D., Sally Sleeper, Ph.D., Dr. Richard Socher, Prof. Dr. Achim Spiller, Stacey D. Standridge, Ph.D., Hans Jürgen Stephan, Prof. Dr. Stefan Stiene, Elisabeth Vögele, Dr.-Ing. Martin Walgenbach, Matthew A. Weinbaum, Dr. Peter Welters, Dr. Friederike Weritz, Laura Wittmann, Brad Zamft, Ph.D.,

deren Expertise mit in das Gutachten eingeflossen ist.

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

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

Mitglieder der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Prof. Dr. Irene Bertschek (stellvertretende Vorsitzende)

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

Prof. Dr. Guido Bünstorf

Universität Kassel, Fachbereich Wirtschaftswis-
senschaften, Fachgebiet Wirtschaftspolitik, Inno-
vation und Entrepreneurship, und International
Center for Higher Education Research (INCHER)

Prof. Dr. Uwe Cantner (Vorsitzender)

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

Prof. Dr. Carolin Häussler

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

Prof. Dr. Till Requate

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut
für Volkswirtschaftslehre, Professur für Innova-
tions-, Wettbewerbs- und Neue Institutionen-
ökonomik

Prof. Dr. Dr. h.c. Friederike Welter

Institut für Mittelstandsforschung (IfM)
Bonn und Universität Siegen, Fakultät III Wirt-
schaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik
und Wirtschaftsrecht, Professur für Betriebs-
wirtschaftslehre, insbesondere Management
von kleinen und mittleren Unternehmen und
Entrepreneurship

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

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle

Christine Beyer
Dr. Helge Dauchert
Dr. Lea Eilers
Lea Gudowski
Dr. Friederike Heiny
Dr. Petra Meurer
Antje Michna
Christoph Oslislo
Dr. Johannes Stiller

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Kommissionsmitglieder

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

Dr. Stefan Büchele Universität Kassel, Institut
für Volkswirtschaftslehre, Fachgebiet Wirtschafts-
politik, Innovation und Entrepreneurship, und
International Center for Higher Education Re-
search (INCHER)

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

Dr. Daniel Erdsiek ZEW – Leibniz-Zentrum für
Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mann-
heim, Forschungsbereich Digitale Ökonomie

Robin Nowak Universität Passau, Wirtschaftswis-
senschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Organisa-
tion, Technologiemanagement und Entrepreneur-
ship

Dr. Markus Rieger-Fels Institut für Mittelstands-
forschung (IfM) Bonn

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
Kurzfassung	12

A AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN

A 0	Transformative F&I-Politik	24
A 1	Kommentierung der aktuellen F&I-Politik	29
A 2	Kausalanalyse von Maßnahmeneffekten	40

B KERNTHEMEN 2024

B 1	Neue Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft	50
B 2	Internationale Mobilität im Wissenschafts- und Innovationssystem	74
B 3	Soziale Innovationen – wesentliches Element zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen	96
B 4	Künstliche Intelligenz	116

C VERZEICHNISSE

C 1	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen	139
C 2	Abkürzungsverzeichnis	142
C 3	Glossar	145
C 4	Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem	153
C 5	Literaturverzeichnis	154
C 6	Endnotenverzeichnis	162
C 7	F&I-Dashboard	185

Vorwort

Ihr Jahresgutachten 2024 übergibt die Expertenkommission Forschung und Innovation der deutschen Bundesregierung in politisch besonders herausfordernden Zeiten. Themen wie die Kriege in der Ukraine sowie in Israel und im Gazastreifen, die Energiekrise und der Wirtschaftsabschwung beherrschen den politischen Diskurs. Sie alle erzwingen die Aufmerksamkeit der Bundesregierung und erfordern ihr unmittelbares Handeln. Doch zugleich – und hier liegt die besondere Herausforderung für die Politik unserer Zeit – darf der Fokus auf diese drängenden Problemlagen nicht dazu führen, dass die notwendige, von technologischen und sozialen Innovationen getragene Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft in Richtung Nachhaltigkeit vernachlässigt wird. Ein Aufschieben der Transformationsanstrengungen hätte nicht nur gefährliche ökologische Konsequenzen, sondern würde zugleich die Grundlage unseres mittel- und langfristigen Wohlstands sowie unserer gesellschaftlichen Stabilität aufs Spiel setzen.

Das Jahresgutachten 2024 der Expertenkommission Forschung und Innovation ist vor dem Hintergrund dieses Spannungsverhältnisses von multiplen aktuellen Krisen einerseits und langfristig ausgerichteten Transformationsanforderungen andererseits zu lesen. Neben den Ausführungen dazu, wie in dieser Situation transformationsorientierte Forschungs- und Innovationspolitik gestaltet werden sollte, enthält das Jahresgutachten – wie bereits in den Jahren zuvor – Kommentierungen der aktuellen Forschungs- und Innovationspolitik sowie Analysen zentraler Themen- und Problemfelder des deutschen Forschungs- und Innovationssystems. Das vieldiskutierte Thema Künstliche Intelligenz sticht hier sicherlich heraus. Das Jahresgutachten widmet sich aber auch bisher weniger beachteten Themen, denen in Zukunft mehr Aufmerksamkeit entgegengebracht werden sollte. Es handelt sich hierbei um die Landwirtschaft und ihre Transformationspotenziale, die internationale Mobilität von Forschenden – und die damit verbundene Frage nach der Attraktivität Deutschlands als Wissenschafts- und Innovationsstandort – sowie soziale Innovationen und ihre Rolle im transformativen Wandel.

Berlin, den 28. Februar 2024



Prof. Dr. Uwe Cantner
(Vorsitzender)



Prof. Dr. Irene Bertschek
(stv. Vorsitzende)



Prof. Dr. Guido Bünstorf



Prof. Dr. Carolin Häussler



Prof. Dr. Till Requate



Prof. Dr. Dr. h.c. Friederike Welter

KURZFASSUNG

Kurzfassung

A Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen

A0 Transformative F&I-Politik

Die amtierende Koalitionsregierung hat von ihrer Vorgängerin ein Projekt der Superlative übernommen: die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Die Energiewende, die Mobilitätswende, die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Schaffung einer nachhaltigen Landwirtschaft sind einige der Transformationen, die die Bundesregierung auch ins Zentrum ihrer Zukunftsstrategie Forschung und Innovation gestellt hat.

Die Transformationen bedürfen einer Vielzahl technologischer und sozialer Innovationen. Für jede einzelne ist ein vielschichtiges Missionskonzept aus Strategien, Reformen und Maßnahmen auf- und umzusetzen.

Die Expertenkommission erkennt die Fortschritte an, die die Bundesregierung im Rahmen ihrer transformationsorientierten Politik erreicht hat. Sie befürchtet aber, dass aufgrund zunehmender geopolitischer Zwänge sowie aufkommender innenpolitischer Spannungen – die auch aus der Umsetzung von transformationsorientierten Maßnahmen resultieren – die langfristige Transformationsorientierung einer eher kurzfristig ausgerichteten Krisenbewältigungspolitik weichen könnte.

Daher empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, in die Konzeption und Umsetzung transformationsorientierter Politikmaßnahmen regelmäßig folgende fünf grundlegenden Überlegungen einfließen zu lassen.

- Langfristigen und strukturellen Zielen in kurzfristig angelegten Maßnahmen Rechnung tragen;
- soziale Kompensation bei Maßnahmen zum transformativen Wandel von vornherein mitdenken;
- Strukturwandel nicht ausschließlich finanziell begleiten;
- Suche nach innovativen Lösungen der Wirtschaft überlassen und Partizipation der Gesellschaft ermöglichen;
- Humankapital langfristig sichern.

A 1 Kommentierung der aktuellen F&I-Politik

Zukunftsstrategie umsetzen, Missionen energisch weiterverfolgen

Das Format der Missionsteams ist nach Ansicht der Expertenkommission grundsätzlich zur Umsetzung der zahlreichen, innerhalb der Missionen subsumierten Aufgaben geeignet.

Die Expertenkommission hält es für wichtig, die Einbindung der Staatssekretärssebene in den Aufbau der Missionsteams weiterzuführen und die operative Arbeit der Missionsteams kontinuierlich strategisch zu begleiten. Ebenfalls hält sie es für wichtig, dass den Missionsteams eigene Budgets zur Verfügung gestellt werden.

Zudem drängt sich die grundsätzliche Frage nach der zeitlichen Dimension der Zukunftsstrategie auf. Da es sich bei den von der Bundesregierung formulierten Missionen um sehr langfristige Vorhaben handelt, deren Umsetzung aufwendiger institutioneller Arrangements bedarf, ist das Erreichen der gesetzten Ziele innerhalb der laufenden Legislaturperiode illusorisch. Trotzdem sollte die Bundesregierung die Umsetzung ihrer Missionen energisch weiterverfolgen und nicht tagespolitisch motivierten Erwägungen opfern. Einer Regierung, die missionsorientierte Politik ernst nimmt, muss klar sein, dass sich ein wesentlicher Teil der Erfolge der eigenen Politik nicht in der jeweils laufenden Legislaturperiode einstellen wird.

Reallabore-Gesetz zeitnah einführen

Reallabore schaffen die Möglichkeit, in einem geschützten Raum technologische und ökonomische Unsicherheiten im Innovationsprozess abzubauen, regulatorische Maßnahmen und Rahmenbedingungen zu testen sowie potenzielle Nutzerinnen und Nutzer frühzeitig in die Entwicklung einzubeziehen. Dadurch kann der oftmals lange Weg bis zur Vermarktung von Neuerungen spürbar verkürzt werden. Die Expertenkommission begrüßt daher ausdrücklich die Initiative der Bundesregierung zur Schaffung eines Reallabore-Gesetzes und drängt darauf, den Prozess der Konzeptionierung zügig zu einem Abschluss zu führen.

Reallabore basieren in der Regel auf Experimentierklauseln, die es den zuständigen Behörden ermöglichen, für die Erprobung einer Innovation kontrollierte Ausnahmen von rechtlichen Vorgaben und Verboten zu gestatten. Wichtig ist hierbei, die Experimentierklauseln in den jeweiligen Gesetzen möglichst weit zu fassen und nicht projektspezifisch auszuformulieren. Je enger eine Experimentierklausel gefasst wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie nach relativ kurzer Zeit nicht mehr anwendbar ist.

SPRIND-Freiheit nur teilweise umgesetzt

Die Expertenkommission bewertet das Ende 2023 in Kraft getretene SPRIND-Freiheitsgesetz als überfälligen Schritt in die gewünschte Richtung. Sie bemängelt aber, dass in einigen Detailfragen der Mut fehlte, um die Befreiung der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) zu vervollständigen und ihr die notwendige Unabhängigkeit von der Politik und den Fristigkeiten der Bundeshaushaltsordnung zu verschaffen.

So wurde beispielsweise der Forderung nach vollständiger Abschaffung der Fachaufsicht durch die Bundesministerien im SPRIND-Freiheitsgesetz nur teilweise entsprochen. Auch wenn die Fachaufsicht sich allein auf die Sicherstellung der wirtschaftlichen Aufgabenerfüllung konzentrieren soll und anstatt von drei Ministerien nur noch vom BMBF allein wahrgenommen wird, sieht die Expertenkommission die Gefahr von Doppelkontrolle. Schließlich ist das BMBF – neben BMF, BMWK und zwei Bundestagsabgeordneten – bereits im Aufsichtsrat vertreten. Die Einflussmöglichkeiten der Politik bleiben somit nicht unerheblich.

Alles in allem hofft die Expertenkommission, dass die mit dem Freiheitsgesetz eingeleiteten Schritte zur Entfesselung der SPRIND auch ein Signal für einen Richtungswechsel in der Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) sind – weg von Risikoaversion und engmaschiger Kontrolle hin zu unternehmerischem Denken und Agilität.

DATI offen gestalten

Mit der Einberufung einer Gründungskommission für die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) und der Entscheidung, den Sitz der Agentur in Erfurt anzusiedeln, nimmt ein zentrales innovationspolitisches Vorhaben der Bundesregierung endlich Gestalt an. Mit dem sogenannten DATI-piloten ist zudem die erste Runde zur Auswahl von Transfer-Projekten gestartet worden.

Die beiden im Rahmen des DATI-piloten initiierten Förderformate Innovations-sprints und Innovationscommunities sind auf große Resonanz gestoßen. Die Expertenkommission wertet die starke Beteiligung an den beiden Förderformaten als positives Signal hinsichtlich Bekanntheit und Akzeptanz der sich im Aufbau befindenden DATI.

Die große Anzahl eingereicherter Projektskizzen führt die Expertenkommission auch darauf zurück, dass die Teilnahmebedingungen des DATI-piloten sehr offen formuliert wurden. Diese Offenheit hebt sich positiv von dem ursprünglichen Eckpunktepapier ab, das im April 2022 vorgestellt und von der Expertenkommission wegen des zu engen Förderfokus kritisiert wurde. Die Expertenkommission erwartet, dass sich diese Offenheit auch im noch zu erarbeitenden DATI-Konzept wiederfindet.

Forschungszulage KMU-freundlich weiterentwickeln

Trotz steigender Antragszahlen ist die 2020 eingeführte Forschungszulage längst nicht allen Unternehmen bekannt. Insbesondere kleinere Unternehmen wissen oft nicht, dass es dieses neue Förderformat gibt. Zudem geben drei Viertel der in Forschung und Entwicklung (FuE) aktiven Unternehmen an, bislang keinen Antrag auf Forschungszulage gestellt zu haben. Ähnlich wie beim Bekanntheitsgrad liegen die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) auch bei der Antragstellung deutlich hinter den Großunternehmen. Neben einer gezielten Öffentlichkeitsarbeit zur Verbesserung des Bekanntheitsgrads der Forschungszulage weisen erste befragungsgestützte Studien vor allem auf die Notwendigkeit hin, den administrativen Aufwand bei der Beantragung der Forschungszulage zu reduzieren.

Inwieweit es durch die Forschungszulage gelungen ist, Unternehmen dazu zu motivieren, ihre FuE-Aufwendungen zu steigern, lässt sich aus den bisherigen Studien nicht ableiten. Gleiches gilt für die Frage, ob Unternehmen, die bisher keine FuE betrieben haben, zur Aufnahme von FuE-Aktivitäten motiviert werden konnten. Gerade diese Fragen sind vor dem Hintergrund der rückläufigen Innovatorenquote von zentraler Bedeutung und stellen ein besonderes Desiderat für die Evaluation der Forschungszulage dar.

IP-Transfer für Ausgründungen erleichtern

Deutschland tut sich schwer mit forschungsbasierten Ausgründungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen wie Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in den Schwierigkeiten der Übertragung des geistigen Eigentums (Intellectual Property, IP), in Form von Patentverkäufen oder Lizenzverträgen, von der wissenschaftlichen Einrichtung an das zu gründende Unternehmen.

Um einen unkomplizierteren und gründungsfreundlicheren Transfer von IP in forschungsbasierte Ausgründungen zu ermöglichen, wurde die Initiative IP-Transfer 3.0 auf den Weg gebracht. Sie greift u. a. ein Modell auf, das eine sogenannte virtuelle Beteiligung an den Ausgründungen gegen Überlassung der IP vorsieht. Im Unterschied zu einer klassischen Beteiligung verzichten die IP-Geber bei der virtuellen Beteiligung auf ihr Stimmrecht.

Um die strukturell bedingten Interessenkonflikte zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und Gründenden bei Verhandlungen zum IP-Transfer zu entschärfen, empfiehlt die Expertenkommission, die Anreizsysteme zu modifizieren. So sollte der Transfererfolg von wissenschaftlichen Einrichtungen nicht anhand von Patenterlösen und Lizenzeinnahmen, sondern stärker am nachhaltigen Erfolg der von ihnen begleiteten Ausgründungen gemessen werden.

Strikte Trennung zwischen militärischer und ziviler FuE auflösen

Die Beziehungen zwischen militärischer und ziviler Forschung und Entwicklung (FuE) lassen sich in zwei Kategorien einteilen: Spillovers (Übertragungseffekte) und Dual Use (doppelter Verwendungszweck). In vielen Ländern werden Spillovers und Dual Use bewusst gefördert, da sie zu Leistungs- und Effizienzsteigerungen sowohl im militärischen als auch im zivilen Sektor beitragen können. Prominente Beispiele sind die DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) in den USA und die Militär-Einheit 8200 in Israel. Aufgrund der strikten Trennung von militärischer und ziviler Forschung verzichtet Deutschland bislang weitgehend auf diese positiven Effekte.

Die Expertenkommission empfiehlt angesichts zunehmender globaler Bedrohungslagen, die Optionen im Umgang mit militärischer FuE neu zu bewerten. Studien zeigen, dass militärische FuE via Spillovers positive Wirkungen auf zivile FuE haben kann und damit, zusätzlich zu den Leistungssteigerungen im militärischen Bereich, auch zu positiven Effekten bei Produktivität und Beschäftigung im zivilen Sektor führt. Damit dies auf effiziente Art und Weise gelingen kann, sollten Synergien zwischen militärischer und ziviler Forschung ermöglicht werden. Die strikte Trennung, wie sie jahrzehntelang in Deutschland praktiziert wurde, gilt es grundsätzlich zu überdenken und – wo sinnvoll – aufzulösen.

Nutzung standardessenzieller Patente erleichtern

Die Expertenkommission begrüßt die Initiative der EU, den Markt für standardessenzielle Patente (SEP) transparenter zu gestalten und damit die bestehende Informationsasymmetrie zwischen Patentinhabern und Lizenznehmern abzubauen. Sie hält die zu diesem Zweck geplante Formulierung freiwilliger Leitlinien für die SEP-Lizenzierung und die Einführung eines Schlichtungsverfahrens vor Einleitung eines Rechtsstreits für grundsätzlich sinnvoll. Zudem befürwortet die Expertenkommission den Aufbau eines SEP-Registers sowie die Einführung eines Begutachtungsverfahrens im Sinne einer Wesentlichkeitsprüfung. Allerdings ist sie skeptisch, ob eine Wesentlichkeitsprüfung für den gesamten SEP-Bestand durchgeführt werden kann.

Auch der Einrichtung eines Verfahrens zur Festsetzung von SEP-Gesamtlizenzgebühren steht die Expertenkommission kritisch gegenüber. Da der Wert von SEP-Lizenzen nicht objektiv definiert werden kann, sondern von Angebot und Nachfrage bestimmt wird, führt eine marktferne Wertfestsetzung höchstwahrscheinlich nicht zu einem für Lizenzgeber und Lizenznutzer akzeptablen Ergebnis.

Die Expertenkommission ist zudem skeptisch, ob das Amt der Europäischen Union für geistiges Eigentum (EUIPO), das lediglich für die Eintragung von Unionsmarken und Gemeinschaftsgeschmacksmustern, nicht aber für Patente zuständig ist, die ihm zugedachten Aufgaben zeitnah erfüllen kann.

Potenziale von Daten endlich nutzbar machen

Die Expertenkommission hat in ihren Gutachten bereits mehrfach auf die hohe Bedeutung von Daten für das Forschungs- und Innovationssystem (F&I-System) hingewiesen. Sie begrüßt daher, dass das Gesundheitsdatennutzungsgesetz mittlerweile verabschiedet wurde und damit der Weg für die Nutzung von Gesundheitsdaten zur Verbesserung von Diagnostik und Therapie für Patientinnen und Patienten geebnet ist. Weitere Maßnahmen müssen allerdings noch ergriffen und umgesetzt werden, so z. B. die Einrichtung eines Agrardatenraums oder die Verabschiedung des Forschungsdatengesetzes.

Es liegen bereits zahlreiche Vorschläge zur Verbesserung der Infrastruktur und des Zugangs zu öffentlichen Daten sowie zur Zusammenführung von öffentlich finanzierten Daten vor. Diese betreffen u. a. notwendige Anpassungen bestehender rechtlicher Regelungen bzw. deren uneinheitliche Auslegung in den Bundesländern (u. a. Datenschutzgrundverordnung – DSGVO, Bundesstatistikgesetz und Gesetz über Steuerstatistiken).

Die Expertenkommission weist erneut darauf hin, dass wesentliche Fortschritte bei der Bereitstellung und Nutzung von Daten unabdingbar sind, um auch in den Bereichen der Datenanwendung Fortschritte zu erzielen und die digitale Transformation zu realisieren.

A2 Kausalanalyse von Maßnahmeneffekten

Viele der im Auftrag der Bundesregierung durchgeführten Evaluationsstudien zu Maßnahmen der Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) lassen keine Rückschlüsse darauf zu, ob die beobachteten Entwicklungen tatsächlich auf die untersuchten Politikmaßnahmen zurückzuführen sind. Wesentlicher Grund hierfür ist, dass Evaluationsstudien häufig nicht den methodischen Anforderungen an eine Kausalanalyse genügen, nicht zuletzt, weil die Voraussetzungen für den sachgerechten Einsatz geeigneter Methoden nicht in jedem Fall erfüllt sind. Das fehlende Wissen über die Wirkung von Maßnahmen erschwert ein evidenzbasiertes Politiklernen. Die Bundesregierung ist daher aufgefordert, Kausalanalysen der Maßnahmeneffekte systematisch und umfassend in die F&I-Politik zu integrieren und so die Voraussetzungen für eine sach- und fachgerechte Durchführung dieser Analysen sowie für deren Nutzbarkeit für das Politiklernen zu schaffen. Hierzu ist es erforderlich, bei der Ausschreibung von Evaluationsstudien Kausalanalysen in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen, die Datenverfügbarkeit für die evaluierenden Einrichtungen zu verbessern und alle in Auftrag gegebenen Evaluationsstudien zu veröffentlichen.

B Kernthemen 2024

B1 Neue Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft

Das globale Bevölkerungswachstum, der Klimawandel, der Rückgang der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen sowie die durch die Landwirtschaft selbst verursachten negativen Effekte auf die Umwelt wie Biodiversitätsverlust und Grundwasserbelastung stellen die Landwirtschaft vor große Herausforderungen. Die Landwirtschaft muss tendenziell größere Mengen an Nahrungsmitteln mit weniger umweltbelastenden Betriebsmitteln wie Pflanzenschutz- und Düngemitteln bei gleichzeitig schrumpfenden Flächen und sich verändernden Klimabedingungen produzieren. Der Einsatz digitaler und smarter Technologien sowie Verfahren der Grünen Gentechnik eröffnen der Landwirtschaft zahlreiche Möglichkeiten, die Produktivität zu steigern, Anbaumethoden nachhaltiger zu gestalten und die Resilienz gegenüber dem Klimawandel zu stärken. Obwohl mit digitalen und smarten Technologien negative Umweltauswirkungen deutlich reduziert werden können, haben landwirtschaftliche Betriebe derzeit noch wenig Anreize, solche Technologien einzusetzen, da der Einsatz noch vergleichsweise teuer ist. Außerdem mangelt es an digitaler Infrastruktur und Interoperabilität zwischen Hardware und digitalen Anwendungen. Die Chancen der Grünen Gentechnik können wegen restriktiver gesetzlicher Regelungen sowie wegen mangelnder Akzeptanz und Informationsdefiziten bei Bevölkerung und Politik nicht ausgeschöpft werden. Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung und insbesondere dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit

und Verbraucherschutz (BMUV) sowie dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) daher u. a. folgende Maßnahmen:

- Die Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sollte nach dem Vorbild Dänemarks mit einer Abgabe belegt werden.
- Die digitale Infrastruktur in ländlichen Regionen muss ausgebaut werden.
- Die Bundesregierung sollte einen über die Bundesländer hinweg einheitlichen Datenraum für die Landwirtschaft schaffen und klare Regelungen zu Datenschutz sowie Datenhoheit verabschieden.
- Die Bundesregierung sollte Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Umgang mit digitalen und smarten Technologien ausbauen und finanziell unterstützen.
- Hinsichtlich der Grünen Gentechnik bedarf es einer wissenschaftlich fundierten und koordinierten Kommunikationsstrategie der Bundesregierung, die sich auch im politischen Handeln widerspiegelt.
- Die Bundesregierung sollte dem von der EU-Kommission vorgelegten Vorschlag zur differenzierten Regulierung von genomeditierten Pflanzen bei der Abstimmung im Europäischen Rat zustimmen.
- Langfristig sollte sich die Bundesregierung bei der EU für eine vom gentechnischen Verfahren unabhängige Regulierung der Grünen Gentechnik einsetzen.

B 2 Internationale Mobilität im Wissenschafts- und Innovationssystem

Ein wettbewerbsfähiger Wissenschafts- und Innovationsstandort ist auf leistungsfähiges Personal für seine Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen angewiesen. Im weltweiten Wettbewerb um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie um Beschäftigte in Forschung und Entwicklung (FuE-Beschäftigte) war Deutschland in der Vergangenheit nur mäßig erfolgreich. Gemäß einer Untersuchung für das Jahresgutachten 2014 der Expertenkommission verließen zwischen 1996 und 2011 mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Deutschland, als neu zuzogen. Insbesondere gelang es damals kaum, Spitzenwissenschaftlerinnen und Spitzenwissenschaftler für eine Tätigkeit in Deutschland zu gewinnen. Ein ähnlich negatives Bild ergab sich bei der internationalen Mobilität von FuE-Beschäftigten.

Analog zu den Analysen im Jahresgutachten 2014 werden Entwicklungen in der internationalen Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten anhand von Auswertungen wissenschaftlicher Publikationen und Patentanmeldungen nachgezeichnet. Die Auswertungen zeigen, dass sich die Situation seit dem Jahresgutachten 2014 deutlich geändert hat. Deutschland ist zum Nettoempfängerland für publizierende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler geworden. Viele publikationsstarke Autorinnen und Autoren kehren nach einem Auslandsaufenthalt nach Deutschland zurück. Bei den patentaktiven Erfinderinnen und Erfindern ist ein Rückgang der Net-

toabwanderung zu beobachten. Insgesamt befindet sich Deutschland somit auf einem positiven Entwicklungspfad. Jedoch verliert das deutsche Wissenschafts- und Innovationssystem in der Breite nach wie vor Humankapital, und die demografische Alterung wird aller Wahrscheinlichkeit nach auch hier zu Personalengpässen führen. Die Expertenkommission empfiehlt daher u. a. folgende Maßnahmen:

- Die mit der internationalen Mobilität verbundenen Verwaltungsprozesse sollten mithilfe eines digitalen, alle Prozessbeteiligten (Auslandsvertretungen, Ausländerbehörden, Einwohnermeldeämter, Forschungseinrichtungen bzw. Unternehmen und Zuwanderungswillige) miteinander verknüpfenden Systems in einen Gesamtprozess integriert und beschleunigt werden.
- Um eine zeitnahe Bearbeitung von Visaanträgen zu gewährleisten, sollten die deutschen Auslandsvertretungen organisatorisch und, sofern notwendig, auch personell gestärkt werden.
- Die Bundesregierung sollte sich für eine internationale Harmonisierung der für die Fachkräftezuwanderung relevanten Regelungen bei der Sozialversicherung einsetzen.
- Programme zur Exzellenzförderung im Wissenschaftssystem sollten ausgebaut werden. Das Bund-Länder-Programm zur Schaffung von Tenure-Track-Professuren sollte mit klarem Fokus auf internationale Karrieren in der Wissenschaft weitergeführt werden.

B 3 Soziale Innovationen – wesentliches Element zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen

Die großen gesellschaftlichen Herausforderungen wie Klimawandel, demografische Alterung und Digitalisierung werden nicht allein durch technologische Veränderungen bewältigt werden können. Es bedarf vielmehr sozialer Innovationen, die zu Veränderungen im individuellen und kollektiven Verhalten führen. Die Politik hat die Bedeutung sozialer Innovationen erkannt und betrachtet Sozialunternehmer als wichtige Treiber dieser Innovationen. Einer diesbezüglichen evidenzbasierten Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) fehlt es allerdings an zuverlässigen und repräsentativen Daten zur Entstehung, Generalisierung und Wirkung sozialer Innovationen. Politikbegründungen ergeben sich bisher aus konzeptionellen Überlegungen. So ist beispielsweise ableitbar, dass soziale Innovationen nicht im gesamtgesellschaftlich optimalen Ausmaß entwickelt werden. Außerdem werden die Finanzierungsmöglichkeiten von Sozialunternehmen prinzipiell dadurch erschwert, dass ein Einstieg renditeorientierter Investoren die Gemeinwohlorientierung der Unternehmen gefährden könnte. Die Expertenkommission empfiehlt daher u. a. folgende Maßnahmen:

- Die Bundesregierung sollte die Entwicklung einer, auch international, einheitlichen Indikatorik zu sozialen Innovationen und den Aufbau einer international repräsentativen Datenbasis nachdrücklich unterstützen. Dabei ist darauf zu achten, dass eine sachgerechte Erfolgsmessung und Wirkungsanalyse von Politikmaßnahmen zur Förderung sozialer Innovationen und Sozialunternehmen ermöglicht werden.

- Die Bundesregierung sollte bestehende Innovationsförderprogramme noch weiter für soziale Innovationen öffnen. Dies ermöglicht es insbesondere, Komplementaritäten von sozialen und technologischen Innovationen besser zu berücksichtigen.
- Bestehende Förderprogramme sollten um spezifische Beratungsangebote wie die Rechtsformberatung für Sozialunternehmen und regionalspezifische Beratungsangebote ergänzt werden.
- Die Bundesregierung sollte eine Messe für soziale Innovationen unterstützen, um die Vernetzung der verschiedenen Akteursgruppen zu fördern und die Generalisierung erfolgreicher sozialer Innovationen voranzutreiben.
- Die von der Bundesregierung zur Förderung alternativer Finanzierungsformen geplanten Maßnahmen sollten zügig umgesetzt werden, um den besonderen Bedarfen der Sozialunternehmen gerecht zu werden.

B 4 Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) zeichnet sich als Schlüsseltechnologie durch eine hochdynamische Entwicklung aus, verfügt über ein breites Anwendungsspektrum und eröffnet vielfältige Innovations- und Wachstumspotenziale. Damit besitzt KI ein enormes transformatives Moment, das zu einem grundlegenden Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft führen kann. In der jüngeren Vergangenheit hat sich insbesondere die generative KI rasant entwickelt. China und die USA sind bei der Technologieentwicklung im Bereich KI führend. Deutschland und Europa folgen mit großem Abstand und drohen noch weiter zurückzufallen. Es besteht die Gefahr, dass Deutschland und Europa in einseitige Abhängigkeiten geraten und somit technologische Souveränität einbüßen. Technologische Souveränität ist auch eine wichtige Voraussetzung dafür, dass bei der Entwicklung und beim Einsatz von KI europäische Werte gewahrt bleiben. Die Expertenkommission spricht u. a. folgende Empfehlungen aus:

- Um Deutschland die Möglichkeit zu eröffnen, sich bei neuen Technologievarianten oder -generationen erfolgreich im internationalen Innovationswettbewerb zu positionieren, sollte die Bundesregierung die KI-Grundlagenforschung weiterhin und mit Nachdruck unterstützen.
- Um die sichere Entwicklung von Grundlagenmodellen der nächsten Generation zu ermöglichen, müssen leistungsfähige Rechenkapazitäten geschaffen werden.
- Die Bundesregierung sollte die von ihr angestoßenen Maßnahmen zur Verbesserung der Dateninfrastruktur energisch vorantreiben und auch die Bereitstellung ihrer eigenen Daten forcieren.
- Ein KI-Ökosystem ist auf gut qualifizierte Fachkräfte angewiesen. Die Bundesregierung sollte darauf hinwirken, dass entsprechende Angebote in der schulischen, akademischen und beruflichen Bildung bereitgestellt werden.
- Initiativen zur Förderung von Open-Source-KI sollten unterstützt werden. Programme für die Verbesserung der Sicherheitsarchitektur von Open-

Source-Modellen sollten aufgelegt werden. Forschungsprojekte zum besseren Verständnis des Beitrags von Open-Source-KI zum KI-Ökosystem sollten aufgesetzt und Maßnahmen zur Förderung von Open-Source-KI begleitend evaluiert werden.

- Der Artificial Intelligence Act (AI Act) der EU sollte im Laufe der Zeit auf Basis der in der Regulierungspraxis gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen angepasst werden. Bei der Governance ist darauf zu achten, dass der bürokratische Aufwand für die Akteure, die dem AI Act unterliegen, im Rahmen bleibt. Die im AI Act vorgesehenen Reallabore sollten als Instrument für regulatorisches Lernen möglichst zügig zum Einsatz kommen.

A

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUS- FORDERUNGEN



A 0 Transformative F&I-Politik

Die amtierende Koalitionsregierung hat von ihrer Vorgängerin ein Projekt der Superlative übernommen: die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Die Energiewende, die Mobilitätswende, die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Schaffung einer nachhaltigen Landwirtschaft sind einige der Transformationen, die die Bundesregierung auch ins Zentrum ihrer Zukunftsstrategie Forschung und Innovation gestellt hat.¹

Eine Herkules-Aufgabe

Transformationen dieser Art gehen in Umfang und Reichweite – insbesondere was die finanziellen Bedarfe angeht – weit über das hinaus, was Wirtschafts- und Innovationspolitik in „normalen“ Zeiten ausmacht. Es handelt sich um eine Herkules-Aufgabe, für die es bisher keine Vorbilder und keinen erprobten Masterplan gibt.

Die Transformationen bedürfen einer Vielzahl technologischer und sozialer Innovationen. Unabhängig von der speziellen Ausprägung einer einzelnen Transformation handelt es sich dabei nicht um inkrementelle Veränderungen mittels marginaler Eingriffe und mit nur lokalen Wirkungen, sondern um einen grundlegenden Wandel, der vermutlich keinen Bereich in Wirtschaft und Gesellschaft auslassen wird. Der transformationsorientierte Wandel wird die Entwicklung von und den Umgang mit Technologien ebenso verändern wie die Produktion, den Konsum und das individuelle Verhalten gegenüber Natur und Gesellschaft. Für jede einzelne der oben aufgeführten Transformationen ist ein vielschichtiges Missionskonzept aus Strategien, Reformen und Maßnahmen auf- und umzusetzen.

Budgetkonkurrenz verschärft sich

Die notwendigen Transformationen anzugehen und weiterzuentwickeln wird der Bundesregierung nicht leicht gemacht. Die infolge der Kriege in der Ukraine sowie in Israel und im Gazastreifen gestiegenen außen- und innenpolitischen Spannungen, die Energiekrise und die Desintegration der Weltwirtschaft sowie die rezessiven Nachwirkungen der COVID-Krise stellen weitere drängende Herausforderungen dar. Diese konkurrieren mit den Transformationen um gesellschaftliche und politische Aufmerksamkeit und vor allem um finanzielle Budgets – seien sie nun privater oder staatlicher Natur. Das Sondervermögen von 100 Milliarden Euro für die Bundeswehr, die Unterstützung strategisch bedeutender Industrieansiedlungen sowie die geforderten Maßnahmen zur Stützung der Konjunktur dokumentieren den Druck der aktuellen Ereignisse auf die politischen Entscheidungsträger sowie auf die öffentlichen Kassen und drängen die notwendigen, aber langfristig ausgerichteten Transformationen in den Hintergrund.

Durch den Entscheid des Bundesverfassungsgerichtes, den zweiten Nachtragshaushalt 2021 für nichtig zu erklären, hat sich die budgetäre Konkurrenz zusätzlich verschärft. Über einen Zeitraum von vier Jahren fehlen 60 Milliarden Euro an Zuflüssen, was sich in erster Linie auf den Klima- und Transformationsfonds (KTF) auswirkt,² aber auch an anderen Stellen für stärkere Budgetkonkurrenz sorgt, etwa wenn es um die Finanzierung wichtiger Digitalisierungsprojekte geht.

Die Maßnahmen zur Bewältigung der oben genannten Krisen sind im Vergleich zu den Transformationen von eher kurzfristiger Natur. Die Gefahr, dass durch den politischen Fokus auf die aktuell drängenden Probleme die notwendigen ökonomischen, sozialen und ökologischen Weichenstellungen für eine langfristige Transformation ins Hintertreffen geraten, ist nicht gering. Schließlich erfordern die Transformationsbemühungen massive Investitionen, die letztlich von der Bevölkerung getragen werden müssen und ihr eine umfassende Umstellungsbereitschaft abverlangen sowie ein Höchstmaß an Unsicherheit zumuten. Dass viele Bürgerinnen und Bürger den Transformationsbemühungen skeptisch gegenüberstehen und zum Teil massiv gegen die anstehenden Veränderungen mobilisieren, verwundert da nicht.

Transformationsorientierte Politik bislang wenig konsistent

Ein inhaltliches Politikkonzept für die Bewältigung der Transformationen wurde von der Expertenkommission mit der katalytischen, marktorientierten Missionsorientierung der Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) bereits 2021 vorgelegt. Den Vorschlag einer zu diesem Politikkonzept passenden politischen Governance-Struktur hat die Expertenkommission mit ihrem Gutachten 2023 unterbreitet.³

Die amtierende Bundesregierung hat sich dieser Vorschläge angenommen. Mit der Einrichtung von Transformationsteams zur Umsetzung der noch von der Vorgängerregierung verabschiedeten Nachhaltigkeitsstrategie⁴ und von Missionsteams im Zuge der Zukunftsstrategie für Forschung und Innovation hat sie erste funktionale Veränderungen der bestehenden Governance-Strukturen vorgenommen. Diese Neuerungen mögen vor dem Hintergrund der großen Transformationsanforderungen kleinteilig erscheinen. Sie dokumentieren allerdings einen wichtigen qualitativen Schritt, da mit ihnen das Ressortprinzip und die damit verbundene Silomentalität aufgebrochen werden sollen. Hinzu kommen die Befreiung der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) von administrativen und politischen Fesseln, neue (experimentelle) Politikansätze beim DATI-piloten der Deutschen Agentur für Transfer und Innovation (DATI), die Prozesse des technologischen Umsteuerns in den ehemaligen Kohleregionen und jüngst auch das

Ende der Förderung von klima- und umweltschädlichen Technologien.

Diese Entwicklungen zeigen, dass die Bundesregierung in neue Richtungen denkt und die anstehenden Transformationen prinzipiell richtig angeht. Als entschlossenes und koordiniertes Umlenken kann man die bisher gewählte Vorgehensweise allerdings nicht bezeichnen, eher als Schlingerkurs, der sich in Maßnahmen manifestiert, die weder zeitlich noch inhaltlich gut aufeinander abgestimmt sind. Dieses wenig konsistente Vorgehen könnte sich für die weitere Entwicklung als nachteilig erweisen. Schließlich hatte Deutschland noch zu Beginn der Legislaturperiode bessere ökonomische Voraussetzungen, um die Transformationspolitik mit Schwung voranzutreiben. Jetzt müssen die Transformationen aus einer konjunkturellen Stagnation heraus und im Kontext großer geopolitischer und militärischer Herausforderungen gemeistert werden.

Die Expertenkommission erkennt die Fortschritte an, die die Bundesregierung im Rahmen ihrer transformationsorientierten Politik erreicht hat. Sie befürchtet aber, dass aufgrund zunehmender geopolitischer Zwänge sowie aufkommender innenpolitischer Spannungen – die auch aus der Umsetzung von transformationsorientierten Maßnahmen resultieren – die langfristige Transformationsorientierung einer eher kurzfristig ausgerichteten Krisenbewältigungspolitik weichen könnte. Damit würde das Gelingen der Transformationen in weite Ferne rücken.

Daher empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, in die Konzeption und Umsetzung transformationsorientierter Politikmaßnahmen regelmäßig folgende fünf grundlegenden Überlegungen einfließen zu lassen:

- Langfristigen und strukturellen Zielen in kurzfristig angelegten Maßnahmen Rechnung tragen

Maßnahmen zum Aufbau militärischer Sicherheit, zur Unterstützung von Industrieansiedlungen und zur Stützung der Konjunktur sind so zu konzipieren, dass sie den transformativen Strukturwandel nicht ausblenden, sondern ihn begleiten. Die Expertenkommission hat mit Blick auf die Einrichtung des Sondervermögens Bundeswehr in ihrem Jahresgutachten 2023 darauf hingewiesen, dass die

Mittel auch für Forschung im Bereich Cybersicherheit und künstliche Intelligenz (KI) eingesetzt werden sollten. Die Schnittmenge zwischen militärischer und ziviler Forschung ist hier vergleichsweise hoch, der Bezug zur digitalen Transformation unmittelbar gegeben. Anders liegt der Fall bei der politischen Unterstützung von Investitionen als Mittel der Sicherung technologischer Souveränität, wie etwa der „Intel-Investition“ in Magdeburg. Unabhängig von der individuellen Bewertung dieser Art von Industriepolitik sollte diese, wie die EFI in ihrem Gutachten 2023 dargelegt hat, stets so gestaltet sein, „dass selbsttragende Strukturen entstehen, die auch im Falle eines Rückzugs des Investors aus Deutschland weiter betrieben werden können. Dazu sollten staatliche Fördermittel primär in Infrastrukturen und in den Kompetenzaufbau vor Ort, beispielsweise in den Aufbau von Forschungs- und Entwicklungskapazitäten, Gründungszentren sowie Vernetzungsaktivitäten, investiert werden.“⁵

- Soziale Kompensation bei Maßnahmen zum transformativen Wandel von vornherein mitdenken

Besondere Probleme des transformativen Wandels stellen die sozial-gerechte Verteilung der Transformationskosten und der Umgang mit den Verliererinnen und Verlierern des Strukturwandels dar. Zahlreichen alten Geschäftsmodellen wird die Grundlage entzogen und nicht für alle aktuellen Berufe wird nach der Transformation noch Bedarf bestehen. Zudem belasten klimaschonende Technologien sowie die Bepreisung von CO₂ einkommensschwache Haushalte verhältnismäßig stärker als einkommensstarke Bevölkerungsgruppen.

Zugleich eröffnet der mit den Transformationen einhergehende Strukturwandel vielfältige Optionen für neue Geschäftsmodelle und Beschäftigungsformen. Diese stehen allerdings in Konkurrenz zu den bereits bestehenden Strukturen und können somit zur Entstehung oder Verfestigung gesellschaftlicher Spannungen beitragen, die eine erfolgreiche Umsetzung der Transformation zusätzlich erschweren.

Daher gilt es, politische Maßnahmen so auszugestalten, dass sie die sozialen Probleme beim transformativen Wandel gleich von vornherein berücksichtigen und somit für sozialen Ausgleich sorgen. Ein Beispiel dafür, wie es nicht laufen sollte, ist das Gebäudeenergiegesetz. Abgesehen davon, dass dieses Gesetz vor dem Hintergrund des steigenden CO₂-Preises eine ineffiziente Doppelregulierung darstellt, zeigt sich hier, wie schnell die Nichtberücksichtigung sozialer Aspekte die gesellschaftliche Transformationsbereitschaft nachdrücklich beschädigen kann. Eine fundierte Abschätzung der Zahlungsmöglichkeiten der privaten Haushalte in Kombination mit sozial gestaffelten Kompensationen hätte hier gesellschaftliche Spannungen und Abwehrhaltungen abmildern können. Die Expertenkommission erwartet, dass die Bundesregierung die Erfahrungen mit dem Gebäudeenergiegesetz dafür nutzt, den schon lange avisierten Sozialausgleich zum CO₂-Preis entsprechend vorzubereiten.

Ebenso ist an sozialpolitisch motivierte Maßnahmen im Kontext eines umfassenden wirtschaftlichen Strukturwandels wie etwa in den Kohleregionen zu denken. Dazu zählen rechtzeitig eingeleitete Umschulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen, aber auch Maßnahmen zur Stützung der Einkommenseite. Eine kluge politische Begleitung des Strukturwandels zielt darauf ab, übergangsweise die Einkommen zu erhalten, nicht aber die bestehenden Arbeitsplätze.⁶

- Strukturwandel nicht ausschließlich finanziell begleiten

Verschärfte Budgetkonkurrenz und das Urteil des Bundesverfassungsgerichtes machen es erforderlich, die weit verbreitete Förderphilosophie des „je mehr, desto besser“ zu überdenken. Maßnahmen zur Förderung veralteter oder wenig nachhaltiger Technologien und Strukturen (z. B. fossile Antriebstechnologien und Stromerzeugung) sollten konsequent zurückgefahren werden, damit sich ihr Einsatz und ihre Nutzung verteuern. So verändern sich die relativen Preise, wodurch Anreize gesetzt werden, klimaschonende Innovationen zu entwickeln und anzuwenden. Zusätzlich sollte dieser Veränderungsprozess durch Deregulierung (etwa bei den Genehmigungen in der me-

dizinisch-pharmazeutischen Forschung⁷) und Entbürokratisierung (beispielsweise bei Unternehmensgründungen⁸) sowie grundsätzliche Verbesserungen der Rahmenbedingungen (wie etwa klare Regeln zur Datennutzung⁹) auf breiter Ebene unterstützt werden, um Investitionen aus dem privatwirtschaftlichen Bereich zu aktivieren.

- Suche nach innovativen Lösungen der Wirtschaft überlassen und Partizipation der Gesellschaft ermöglichen

Die verschärfte Budgetkonkurrenz erfordert es erst recht, staatliche Förderung und privatwirtschaftliche Investition gegeneinander abzuwägen – auch im Kontext der Transformationen. Die Expertenkommission hat sich in ihrem Jahresgutachten 2021 für eine katalytische, marktorientierte Missionsorientierung in der F&I-Politik ausgesprochen. Dieser Ansatz impliziert, dass Lösungen für Transformationsprobleme vornehmlich im marktlichen Kontext erarbeitet und gefunden werden sollen. Es mag aber eines Anschubs aus den alten, nicht mehr erwünschten Technologien heraus hin zu einer technologieoffenen Entwicklung neuer Lösungen bedürfen. In diesem Fall kann die Politik radikale Richtungsänderungen auf katalytische Art anstoßen. Danach überlässt sie die weitere Lösungsfindung den Akteuren im Markt. Der Vorteil einer solchen Politik ist nicht nur, dass marktwirtschaftlich getriebene Innovations- und Suchaktivitäten angeregt werden, sondern auch, dass dadurch der motivationale Aspekt eines Mitwirkens an der Problemlösung angesprochen wird. Sie steht damit im Gegensatz zu einer „klassischen“ Gebots- und Verbotspolitik, bei der politisch vorgeschriebene Lösungen implementiert werden müssen.

Radikal neue technologische Lösungen tun sich oft schwer, den Markt zu durchdringen und potenzielle Abnehmer für sich zu gewinnen. Gelingt es, die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig in die Entwicklung des Neuen zu integrieren, entstehen höhere Akzeptanz und nachfolgend breitere Nutzung. Die systematische Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern kann durch ein Spektrum an Maßnahmen – wie etwa die Mitwirkung an Reallaboren – gefördert werden, die hohe Wirkung bei geringen öffentlichen Budgets erzielen können.

- Humankapital langfristig sichern

Die groß angelegten Transformationen erfordern neu entwickelte Kompetenzen und auch Berufe, seien es Data Scientists mit Kenntnissen in der KI, Umweltexpertinnen und -experten mit umfangreichem naturwissenschaftlichem Wissen oder Transformationsmanagerinnen und -manager mit sozial- und geisteswissenschaftlich fundierten Kenntnissen zu Wandlungsprozessen. Ein hohes Bildungs- und Ausbildungsniveau in der Bevölkerung ist eine wichtige Voraussetzung, um ein Verständnis für die Notwendigkeiten der Transformation zu entwickeln, bei den Problemlösungen mitwirken sowie innovative und wirtschaftliche Möglichkeiten in der Transformation nutzen zu können.

Leider ist Deutschland, was die Bildungsinhalte und die entsprechenden Strukturen der Bildungsvermittlung angeht, international nicht mehr gut aufgestellt. Die jüngste Studie des Programme for International Student Assessment, die sogenannte PISA-Studie, hat dem deutschen Schulsystem eine noch schlechtere Note ausgestellt als die Studien davor. Im europäischen Vergleich ist Deutschland unter das Durchschnittsniveau gefallen. Das lässt eine Prognose für die Zukunftsfähigkeit und Leistungsfähigkeit Deutschlands in etwa zwei Dekaden zu: unterdurchschnittlich. Für eine Volkswirtschaft, die den Anspruch hat, bei Innovation und technologischem Wandel sowie bei Transformation international ganz vorne mitzuspielen, sind das düstere Aussichten.

Die Expertenkommission kann der Bundesregierung nur empfehlen, eine grundlegende Reform des Schulwesens anzustoßen, bei allen Schwierigkeiten, die eine solche Reform in einem föderalen System mit sich bringt.

Allerdings dürfen Reformideen und -vorhaben nicht beim Thema Schule stehen bleiben, sondern müssen auch die Bereiche der beruflichen Aus- und Weiterbildung erfassen.¹⁰ Der Grad der Digitalisierung, die Strukturen der Bildungsvermittlung, die Ausbildungsinhalte und die Arten der Endqualifikationen müssen ebenso auf den Prüfstand wie die materiell-finanzielle Ausstattung der Schulen.

Und auch die Hochschulen können hier, trotz aller Freiheit in Forschung und Lehre, nicht ausgenommen werden. Moderne Studienangebote und Studiengänge, ein Mehr an interdisziplinärer Verzahnung von Inhalten und ein breit angelegter Interaktionsraum mit der Gesellschaft und der Wirtschaft müssen einhergehen mit einer auskömmlichen Grundfinanzierung und hochqualifiziertem wissenschaftlichem Personal.

Transformationen als Chance begreifen

Über die zahlreichen transformationsbedingten Probleme sollten die vielfältigen Chancen nicht vergessen werden, die mit umfassenden Strukturveränderungen einhergehen. Schließlich werden einer Volkswirtschaft, der es gelingt, die anstehenden Transformationen mit innovativen Technologien und sozialen Innovationen ökonomisch erfolgreich zu meistern, viele andere folgen. Damit er-

öffnen sich denjenigen Volkswirtschaften, die sich als Erfolgsmodell für die Transformationsaufgaben positionieren, umfassende wirtschaftliche Potenziale, da sie wertvolles Know-how aufbauen sowie über innovative Produkte und Geschäftsmodelle verfügen, die global nachgefragt werden. Investitionen in die Transformation werden sich somit nicht nur mit Blick auf Nachhaltigkeit, sondern auch ökonomisch auszahlen.

Aktuell ist Deutschland noch ein Stück davon entfernt, sich als Erfolgsmodell für die anstehenden Transformationen zu positionieren. Die Bundesregierung hat gerade erst damit begonnen, Schritte in die gewünschte Richtung zu unternehmen. Sie muss daher noch intensiver und transparenter kommunizieren, wohin die Reise gehen soll. So können Unsicherheiten aus den Märkten genommen und Optionen eröffnet werden – beides Grundvoraussetzungen für privatwirtschaftliche Investitions- und Innovationsentscheidungen. Die Politik darf hier nicht länger zögern.

A 1 Kommentierung der aktuellen F&I-Politik

Zukunftsstrategie umsetzen, Missionen energisch weiterverfolgen

Die Bundesregierung hat vor gut einem Jahr ihre Zukunftsstrategie Forschung und Innovation veröffentlicht.¹¹ Zentraler Bestandteil der Zukunftsstrategie sind sechs Missionen, mit denen drängende Herausforderungen, angefangen beim Klima-, Ressourcen- und Artenschutz über globale Gesundheitsfragen bis hin zu Abhängigkeiten bei Technologien, Energie und Rohstoffen, angegangen werden sollen. Bei der Bewertung des Umsetzungsstands der Zukunftsstrategie¹² kommt die Expertenkommission zu einem verhalten positiven Gesamtergebnis.

Das Format der Missionsteams – ressortübergreifend, selbstständig arbeitend und durch ein Beiratsgremium¹³ begleitet – ist nach Ansicht der Expertenkommission grundsätzlich zur Umsetzung der zahlreichen, innerhalb der Missionen subsumierten Aufgaben geeignet. Sinnvoll ist es auch, den Missionsteams und dem Beratungsgremium eine zentrale Prozessbegleitung sowie ein Projektbüro zur operativen und fachlichen Unterstützung zur Seite zu stellen.¹⁴

Die Expertenkommission hält es für wichtig, dass die Einbindung der Staatssekretärebene in den Aufbau der Missionsteams weitergeführt und die operative Arbeit der Missionsteams kontinuierlich strategisch begleitet wird. Wie sie bereits in ihrem Jahresgutachten 2021 dargelegt hat, sind ressortübergreifende Missionsteams auf der operativen Ebene alleine nur bedingt in der Lage, die verschiedenen innovations- und transformationsbezogenen Ziele und Strategien der Bundesregierung miteinander zu koordinieren. Die Strategieebene wird in der Zukunftsstrategie zwar explizit aufgeführt, allerdings finden sich keine konkreten Aussagen zu ihrer Implementierung innerhalb der projektierten Strukturen.¹⁵

Die Expertenkommission verweist in diesem Zusammenhang auf die Governance-Strukturen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie. Hier wur-

de mit dem Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung unter Führung des Kanzleramts ein regelmäßig tagendes Gremium auf Strategieebene geschaffen, das wiederum sieben ressortübergreifende Transformationsteams für die Arbeit auf operativer Ebene einsetzt.¹⁶ Die interministerielle Koordination zur Umsetzung der Transformationsstrategie findet somit auf strategischer und operativer Ebene statt.¹⁷

Die Expertenkommission befürchtet, dass die Zukunftsstrategie infolge ihrer Schwäche auf der Strategieebene nicht mit der gleichen Konsequenz umgesetzt wird wie die Nachhaltigkeitsstrategie. Da Zukunftsstrategie und Nachhaltigkeitsstrategie zum Teil sehr ähnliche Themen abdecken,¹⁸ besteht zudem die Gefahr, dass sich die im Rahmen der jeweiligen Strategie implementierten Maßnahmen überschneiden.

Missionsteams stärken

Ein weiterer Schwachpunkt der Missionsteams ergibt sich dadurch, dass sie über keine eigenen Budgets verfügen und auch keine verbindlichen Finanzierungszusagen bezüglich der von ihnen getroffenen Entscheidungen machen können. Diese Entscheidungskompetenz liegt weiterhin allein bei den beteiligten Ministerien, was die Gestaltungsmöglichkeiten und Flexibilität der Missionsteams entsprechend einschränkt.¹⁹

Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, die Stellung der Missionsteams zu stärken. Dies gelingt etwa, indem ihnen eigene finanzielle Mittel bzw. Kompetenzen für verbindliche finanzielle Zusagen übertragen werden. Dazu müssten die an den Missionsteams beteiligten Referate mit entsprechenden Budgets ausgestattet werden. Die Expertenkommission spricht sich daher dafür aus, die Umsetzung der Missionen budgetneutral in die mittelfristige Finanzplanung aufzunehmen und hier entsprechende Festlegungen auf gemeinsam von den Ressorts verantwortete Ziele und Umsetzungsmaßnahmen vorzunehmen. Die Entscheidung über eine solche

mehrfährige Finanzierungsperspektive setzt die Unterstützung der Ministeriumsleitung, d. h. Minister- oder Staatssekretärebene voraus. Grundsätzlich gilt auch hier, dass die Missionsteams der Flankierung durch die Strategieebene bedürfen, um Durchsetzungskraft zu entwickeln.

Zeit zur Umsetzung von Missionen und Strategien zu knapp

Über die Frage nach einer geeigneten Governance hinaus drängt sich auch die grundsätzliche Frage nach der zeitlichen Dimension der Zukunftsstrategie auf. Da es sich bei den von der Bundesregierung formulierten Missionen um sehr langfristige Vorhaben handelt, deren Umsetzung aufwendiger institutioneller Arrangements bedarf,²⁰ ist das Erreichen der gesetzten Ziele innerhalb der laufenden Legislaturperiode illusorisch. Trotzdem sollte die Bundesregierung die Umsetzung ihrer Missionen energisch weiterverfolgen und nicht tagespolitisch motivierten Erwägungen opfern. Einer Regierung, die missionsorientierte Politik ernst nimmt, muss klar sein, dass sich ein wesentlicher Teil der Erfolge der eigenen Politik nicht in der jeweils laufenden Legislaturperiode einstellen wird.

Ähnliche Probleme wie bei der Zukunftsstrategie sieht die Expertenkommission auch bei der Umsetzung weiterer F&I-politisch relevanter Strategien der Bundesregierung, wie etwa bei der Start-up- oder der Digitalstrategie. Da die Ausarbeitung der Strategien, Roadmaps und Umsetzungsberichte zeit- und personalintensiv ist, steht für die Umsetzung innerhalb einer Legislaturperiode oftmals nur wenig Zeit zur Verfügung. Aus strategischen Gründen kann es daher hilfreich sein, auch kurzfristig erreichbare Ziele zu formulieren, um schnell Erfolge zu erzielen und eine positive Dynamik zu erzeugen.

Generell empfiehlt die Expertenkommission bei längerfristig ausgerichteten Strategien oder Projekten – wie beispielsweise bei der Einrichtung der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) und der Deutschen Agentur für Transfer und Innovation (DATI) bereits geschehen – mit Pilotprojekten zu starten.²¹ Auf diese Weise kann der Zeitraum bis zur endgültigen Realisierung des Projekts oder bis zum vollständigen Aufsetzen einer Strategie genutzt werden, um wertvolle Erfahrungen zu sammeln.

Angesichts der hohen Veränderungsdynamik im nationalen und globalen F&I-System bewertet es die Expertenkommission ausdrücklich positiv, dass die Bundesregierung die Zukunftsstrategie als lernende Strategie konzipiert hat. Mit ihrer Ankündigung, die Fortschritte bei der Umsetzung kontinuierlich zu verfolgen, Erfahrungen zu berücksichtigen und Ziele gegebenenfalls anzupassen, hat sie die Forderung der Expertenkommission nach mehr Agilität in der F&I-Politik zumindest konzeptionell aufgegriffen.²²

Reallabore-Gesetz zeitnah einführen

Reallabore schaffen die Möglichkeit, in einem geschützten Raum technologische und ökonomische Unsicherheiten im Innovationsprozess abzubauen, regulatorische Maßnahmen und Rahmenbedingungen zu testen sowie potenzielle Nutzerinnen und Nutzer frühzeitig in die Entwicklung einzubeziehen. Dadurch kann der oftmals lange Weg bis zur Vermarktung von Innovationen spürbar verkürzt werden.

Experimentierklauseln weit fassen

Reallabore basieren in der Regel auf Experimentierklauseln, die es den zuständigen Behörden ermöglichen, für die Erprobung einer Innovation kontrollierte Ausnahmen von rechtlichen Vorgaben und Verboten zu gestatten.²³ Das Reallabore-Gesetz wird daher entsprechende Regelungen enthalten, um bestimmte Gesetze künftig mit fachspezifischen Experimentierklauseln auszustatten (dem sogenannten Experimentierklausel-Check). Wichtig ist hierbei, die Experimentierklauseln in den jeweiligen Gesetzen möglichst weit zu fassen und nicht projektspezifisch auszuformulieren. Je enger eine Experimentierklausel gefasst wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie nach relativ kurzer Zeit nicht mehr anwendbar ist.

Ferner sollte sich die zentrale Bedeutung systematischer Evaluationen von Reallaboren (vgl. Kapitel A 2), d. h. die Validierung ihrer jeweiligen Wirkungsweise und der dafür notwendigen regulatorischen Anpassungen, im geplanten Gesetz niederschlagen. Evaluationen schaffen nicht nur die Grundlage für notwendiges Politiklernen, sondern auch Perspektiven dafür, wie Unternehmen ihre innovativen Produkte und Dienstleistungen nach erfolgreicher Erprobung im Reallabor in den Regelbetrieb überführen und skalieren können.

Reallabore-Gesetz zügig auf den Weg bringen

Für die Einrichtung und den Betrieb von Reallaboren sind verbindliche Standards wichtig.²⁴ Das Reallabore-Gesetz wird übergreifende Standards für die Zulassung, Durchführung und Evaluation von Reallaboren definieren. Diese Standards dürfen nicht zu spezifisch sein, um den umsetzenden Behörden ausreichende Gestaltungsspielräume bei der Einrichtung von Reallaboren zu gewähren. Hierzu zählen z. B. Freiräume bei der zeitlichen und räumlichen Gestaltung von Reallaboren, bei der Einbindung verschiedener Akteursgruppen und bei der Auswahl und Kombination unterschiedlicher zu testender Technologien und Verhaltensweisen.

Die geplante Einrichtung eines One-Stop-Shops als zentrale Kompetenzstelle auf Bundesebene bewertet die Expertenkommission positiv. Er soll als Beratungsstelle für Innovatoren und umsetzende Behörden dienen. Außerdem soll er als Bindeglied zum Gesetzgeber fungieren, um diesem regulativen Anpassungsbedarf zurückzumelden.²⁵ Auch ist in der Überlegung, dass Innovatoren im One-Stop-Shop Initiativvorschläge einreichen und prüfen lassen können.

Die Expertenkommission begrüßt die Initiative der Bundesregierung zur Schaffung eines Reallabore-Gesetzes ausdrücklich und drängt darauf, den Prozess der Konzeptionierung zügig zu einem Abschluss zu führen.²⁶

SPRIND-Freiheit nur teilweise umgesetzt

Mit dem Ende 2023 in Kraft getretenen SPRIND-Freiheitsgesetz²⁷ hat die Bundesregierung der Agentur für Sprunginnovationen einen Teil der Freiheiten zugestanden, die die Agentur seit dem Zeitpunkt ihrer Gründung 2019 dringend benötigt.

Dazu gehört vor allem die Beleihung der SPRIND mit hoheitlichen Aufgaben, beispielsweise Projekte für Sprunginnovationen zu identifizieren und zu finanzieren. Durch die Beleihung kann die SPRIND nun eigenständig über die Projektauswahl entscheiden und hat weitgehend freie Hand bei der Wahl von Finanzierungsinstrumenten und -bedingungen. Anders als zuvor kann sie nun Gründerinnen und Gründer direkt beauftragen und sich an bereits bestehenden Start-ups beteiligen, anstatt geförder-

te Projekte in eigene Tochtergesellschaften ausgliedern zu müssen.

Politischer Einfluss weiterhin vorhanden

Der Forderung nach vollständiger Abschaffung der Fachaufsicht durch die Bundesministerien wurde im SPRIND-Freiheitsgesetz nur teilweise entsprochen. Auch wenn die Fachaufsicht sich allein auf die Sicherstellung der wirtschaftlichen Aufgabenerfüllung konzentrieren soll und anstatt von drei Ministerien nur noch vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wahrgenommen wird, sieht die Expertenkommission die Gefahr von Doppelkontrollen. Schließlich ist das BMBF – neben dem Bundesministerium der Finanzen, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und zwei Bundestagsabgeordneten – bereits im Aufsichtsrat vertreten. Die Einflussmöglichkeiten der Politik bleiben somit nicht unerheblich. Zudem besteht die Gefahr, dass widerstreitende politische Positionierungen im Aufsichtsrat sowie durch die Fachaufsicht verfügte administrative Restriktionen negative Auswirkungen auf die professionellen Entscheidungen des SPRIND-Managements haben können. Die Expertenkommission erinnert in diesem Zusammenhang an die Unabhängigkeit der US-amerikanischen Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), die als Vorbild beim Aufbau der SPRIND diene.²⁸ Die DARPA ist keinem Ministerium oder Aufsichtsrat unterstellt, formale politische Einflussnahme bleibt somit weitgehend auf die personelle Besetzung der Leitungspositionen (Program Directors) begrenzt.²⁹

Eine deutliche Flexibilisierung bringt das SPRIND-Freiheitsgesetz hinsichtlich des Besserstellungsverbots. Das Besserstellungsverbot sieht vor, dass Empfänger staatlicher Zuwendungen ihre Angestellten nicht besser vergüten dürfen als vergleichbare Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer des Bundes. Um mit den Gehältern in der freien Wirtschaft konkurrieren zu können, kann die SPRIND nun ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Vorliegen zwingender Gründe von dieser Regelung ausnehmen. Weiterhin können Mitarbeitende in den von der SPRIND geförderten Unternehmen für einen Zeitraum von maximal fünf Jahren von dem Besserstellungsverbot ausgenommen werden.³⁰ Die Expertenkommission fragt sich allerdings, wie diese Regelung in der Praxis gehandhabt werden soll, da eine „Rückstufung“ von Mitarbeitenden nach fünf

Jahren unrealistisch erscheint. Es besteht somit die Gefahr, dass die Mitarbeitenden von den Projekten abgezogen oder die Projekte eingestellt werden müssen.

Als unflexibel beurteilt die Expertenkommission die getroffenen Regelungen zur Selbstbewirtschaftung der Mittel sowie zur Verwendung selbstgenerierter Einnahmen. So dürfen Einnahmen der SPRIND, beispielsweise aus Verkäufen eigener Start-ups und Beteiligungen, nicht vollständig bei der SPRIND verbleiben und reinvestiert werden, sondern müssen zu 50 Prozent an den Bund zurückfließen. Anstatt finanziell auf eigenen Beinen zu stehen, bleibt die SPRIND damit von staatlicher Finanzierung abhängig. Unverständlich ist der Expertenkommission auch, warum die Selbstbewirtschaftungsmittel auf 30 Prozent beschränkt bleiben. Hier hätte der finanzielle Spielraum der SPRIND unbürokratisch und ohne zusätzliche Kosten ausgebaut werden können.

Die Expertenkommission bewertet das SPRIND-Freiheitsgesetz als überfälligen Schritt in die gewünschte Richtung. Sie bemängelt aber, dass in einigen Detailfragen der Mut fehlte, die Befreiung der SPRIND zu vervollständigen und ihr die notwendige Unabhängigkeit von der Politik und den Fristigkeiten der Bundeshaushaltsordnung zu verschaffen. Sie begrüßt, dass im Freiheitsgesetz explizit eine Evaluierung der SPRIND und der von ihr praktizierten Förderstrategien bis 2025 vorgesehen ist.³¹ Dies ermöglicht ein evidenzbasiertes Nachjustieren der gesetzlichen Regelungen und der implementierten Strategien (vgl. Kapitel A 2).

Alles in allem hofft die Expertenkommission, dass die mit dem Freiheitsgesetz eingeleiteten Schritte zur Entfesselung der SPRIND auch ein Signal für einen Richtungswechsel in der F&I-Politik sind – weg von Risikoaversion und engmaschiger Kontrolle hin zu unternehmerischem Denken und Agilität.³²

SPRIND-Freiheitsgesetz keine Blaupause für Projektträger

Die im Zuge der Diskussion um das SPRIND-Freiheitsgesetz aufgekommene Forderung nach vergleichbaren Freiheitsgraden für die Projektträger bewertet die Expertenkommission hingegen differenziert.³³ Schließlich unterscheidet sich die Mission der SPRIND grundlegend vom Aufgabenportfolio der Projektträger, denen als Dienstleister der Bundesministerien primär die Aufgabe zukommt,

Förderprogramme zu begleiten und zu verwalten. Die Expertenkommission hält es daher nicht für sinnvoll, den Projektträgern die Entscheidungshoheit über die strategische Planung und Ausrichtung staatlicher Fördermaßnahmen zu übertragen. Diese zentrale F&I-politische Steuerungsfunktion ist essenzielle Aufgabe der Regierung bzw. ihrer Ministerien. Anders sieht es bei der Mittelbewirtschaftung aus. Hier ist ein Mehr an Flexibilität und Autonomie möglich. Um ein agiles Fördermittelmanagement zu ermöglichen, sollte die bisherige enge Führung der Projektträger durch die zuständigen Ministerien durch eine ergebnisorientierte Steuerung der Fördermittelverwendung ersetzt werden. Dadurch könnten die Projektträger nicht nur flexibler auf Anpassungsbedarfe in den bestehenden F&I-Projekten reagieren, sondern erhielten auch zusätzlichen Handlungsspielraum, um mit neuen Förderansätzen zu experimentieren.³⁴

DATI offen gestalten

Mit der Einberufung einer Gründungskommission für die Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) und der Entscheidung, den Sitz der Agentur in Erfurt anzusiedeln, nimmt ein zentrales innovationspolitisches Vorhaben der Bundesregierung endlich Gestalt an. Mit dem sogenannten DATI-piloten ist zudem die erste Runde zur Auswahl von Transfer-Projekten gestartet worden.

DATI-pilot mehrfach überzeichnet

Die beiden im Rahmen des DATI-piloten initiierten Förderformate Innovationssprints und Innovationscommunities sind auf große Resonanz gestoßen. Für die Innovationssprints wurden fast 3.000 Ideenskizzen eingereicht. Im Rahmen der 18-monatigen Innovationssprints sollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit maximal einem Anwendungspartner gefördert werden. Ausgangspunkt sind laut BMBF bestehende Forschungsergebnisse oder vielversprechende Konzepte mit fundierter Datenbasis, denen ein hohes Innovationspotenzial zugeschrieben wird.³⁵ Von den eingereichten Ideenskizzen wurden 600 entsprechend den Förderkriterien als grundsätzlich förderwürdig eingestuft. Aufgrund der hohen Beteiligung hat sich das BMBF entschieden, 300 anstatt, wie ursprünglich geplant, 100 Projekte zu fördern.³⁶ Für die auf vier Jahre ausgelegten Innovationscommunities gingen rund 300 Konzeptskizzen ein.³⁷ Ziel dieses

Förderformats ist es, langfristige Partnerschaften zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen – HAW, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen – sowie Akteuren aus Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltung zu einem selbstgewählten Thema zu etablieren.³⁸ Ähnlich wie bei den Innovationssprints übersteigt die Nachfrage nach einer Förderung die zur Verfügung gestellten Mittel. Allerdings ist die Diskrepanz hier noch größer, da das BMBF lediglich die Förderung von zehn Innovationscommunities in Aussicht gestellt hat.³⁹

Die Expertenkommission wertet die starke Beteiligung an den beiden Förderformaten als positives Signal hinsichtlich Bekanntheit und Akzeptanz der sich im Aufbau befindenden DATI.

Offenheit statt engen Förderfokus

Die Expertenkommission führt die große Anzahl eingereicherter Projektskizzen auch darauf zurück, dass die Teilnahmebedingungen des DATI-Piloten sehr offen formuliert wurden. Diese Offenheit hebt sich damit positiv von dem ursprünglichen Eckpunktepapier ab, das im April 2022 vorgestellt und von der Expertenkommission wegen des zu engen Förderfokus kritisiert wurde.⁴⁰ Die Expertenkommission erwartet, dass sich diese Offenheit auch im finalen DATI-Konzept wiederfindet.

Forschungszulage KMU-freundlich weiterentwickeln

Die Bundesregierung hat „zur Stärkung von Wachstumschancen, Investitionen und Innovation sowie Steuervereinfachung und Steuerfairness“ das sogenannte Wachstumschancengesetz⁴¹ konzipiert.⁴² Ein wichtiger Bestandteil des Gesetzes ist eine Reform der im Januar 2020 eingeführten Forschungszulage.

Zu den zentralen Punkten der Reform zählt die vorgesehene Verdreifachung der Bemessungsgrundlage. Statt bisher maximal vier Millionen Euro förderfähiger Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE-Ausgaben) pro Jahr sollen nun Aufwendungen von bis zu zwölf Millionen Euro steuerlich geltend gemacht werden können. Darüber hinaus sollen künftig nicht mehr nur Personalkosten, sondern auch Sachaufwendungen för-

derfähig sein.⁴³ Zudem sollen KMU mit weniger als 250 Beschäftigten⁴⁴ die Möglichkeit erhalten, eine Erhöhung des bislang einheitlichen Fördersatzes von 25 Prozent der Bemessungsgrundlage auf 35 Prozent zu beantragen.⁴⁵ Auch die Auftragsforschung soll von der Reform profitieren. So soll der bisherige Anteil an den förderfähigen Kosten für einen Forschungsauftrag von 60 Prozent auf 70 Prozent erhöht werden.⁴⁶

Forschungszulage zunehmend gefragt

Die Expertenkommission wertet die Erhöhung der Forschungszulage grundsätzlich als positives Zeichen. Sie stellt sich allerdings erneut die Frage, ob die oben beschriebenen Maßnahmen ein geeignetes Mittel sind, um diejenigen FuE-Treibenden zu verstärkten Forschungsaktivitäten zu motivieren, die ursprünglich im Fokus der Forschungszulage standen: die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU).⁴⁷

Eine offizielle Evaluation des Forschungszulagen-gesetzes liegt zwar noch nicht vor,⁴⁸ doch lassen sich aus einigen umfragebasierten Studien erste Einschätzungen zur Inanspruchnahme und zu dabei bestehenden Problemen ableiten.⁴⁹

Die vorliegenden Studien kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass die Forschungszulage zunehmend in Anspruch genommen wird, was sich an der jährlich steigenden Zahl der eingereichten Anträge ablesen lässt.⁵⁰

Die Expertenkommission bewertet diese Entwicklung positiv, ebenso wie den hohen Anteil bewilligter bzw. teilbewilligter Anträge. Mit einer Bewilligungsquote von 75 bis 80 Prozent hebt sich die Forschungspauschale deutlich von der direkten FuE-Projektförderung ab und liegt sogar über der durchschnittlichen Bewilligungsquote des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) von 65 Prozent.⁵¹ Die Forschungszulage zeichnet sich somit durch ein hohes Maß an Planbarkeit aus. Darüber hinaus zeigt sich, dass jedes zweite Unternehmen, das die Forschungszulage in Anspruch nimmt, zuvor keine direkte FuE-Projektförderung erhalten hat. Dies unterstreicht die Komplementarität der steuerlichen Forschungsförderung zur direkten Projektförderung.⁵²

KMU-Beteiligung weiterhin gering

Zwar steigen die Antragszahlen, aber immer noch ist die Forschungszulage längst nicht allen Unternehmen bekannt. Insbesondere kleinere Unternehmen wissen oft nicht, dass es dieses neue Förderformat gibt.⁵³

Bei der Antragstellung zeigt sich ein ähnliches Bild. Rund drei Viertel der FuE-aktiven Unternehmen geben laut Studie an, bislang keinen Antrag auf Forschungszulage gestellt zu haben. Die Beteiligung der KMU bei der Antragstellung ist dabei deutlich geringer als die Beteiligung der Großunternehmen. Während von den Großunternehmen gut jedes zweite angibt, bereits einen Antrag gestellt zu haben, ist es bei den KMU nur jedes vierte.⁵⁴

Die Expertenkommission weist darauf hin, dass die geplante Erweiterung der Bemessungsgrundlage, die Anhebung des Fördersatzes für KMU sowie die Berücksichtigung von Sachkosten den Anreiz zur Antragstellung erhöhen werden. Ob eine vermehrte Antragstellung jedoch auch zu einer Erhöhung der FuE-Ausgaben seitens der Unternehmen und nicht nur zu Mitnahmeeffekten führt, kann nur im Rahmen einer Evaluation geklärt werden.

Administrativen Aufwand reduzieren

Neben dem Erfordernis einer gezielten Öffentlichkeitsarbeit zur Verbesserung des Bekanntheitsgrads der Forschungszulage weisen die Befragungsergebnisse vor allem auf die Notwendigkeit hin, den administrativen Aufwand bei der Beantragung der Forschungszulage zu reduzieren. So wird der bürokratische Aufwand auch als Hauptgrund für den Verzicht auf eine Antragstellung genannt. Insbesondere das zweistufige Antragsverfahren wird von den befragten Unternehmen als bürokratisch empfunden, was die Zurückhaltung insbesondere bei KMU erklären könnte.⁵⁵ Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission, die Reform der Forschungszulage für eine Vereinfachung des Antragsverfahrens zu nutzen.⁵⁶

Ein erster Schritt zur Senkung der Bürokratiekosten wäre die Abschaffung des zweistufigen Antragsverfahrens zugunsten eines einstufigen Verfahrens.⁵⁷ Die Entscheidung der Bundesregierung, die Beurteilung der nach § 2 des Forschungszulagenge-

setzes begünstigten FuE-Vorhaben von einer Bescheinigungsstelle außerhalb der Finanzverwaltung prüfen zu lassen, sollte nicht zu administrativem Mehraufwand für die Unternehmen führen. Auch die geplante Einbeziehung von Sachaufwendungen in die Förderung wird nur dann einen echten Impuls für mehr FuE-Aktivitäten setzen, wenn es gelingt, den Dokumentationsaufwand für die Unternehmen gering zu halten.

Forschungszulage auf Aktivierungspotenzial hin überprüfen

Inwieweit es durch die Forschungszulage gelungen ist, Unternehmen zur Steigerung ihrer FuE-Aufwendungen zu motivieren, lässt sich aus den bisherigen Studien nicht ableiten. Gleiches gilt für die Frage, ob Unternehmen, die bisher keine FuE betrieben haben, zur Aufnahme von FuE-Aktivitäten motiviert werden konnten.

Auch lässt sich keine Aussage treffen, ob die Forschungszulage dazu beiträgt, FuE betreibende Unternehmen zu einer Verstetigung ihrer Forschungsaktivitäten zu bewegen. Gerade diese Fragen sind aber vor dem Hintergrund der rückläufigen Innovatorenquote⁵⁸ von zentraler Bedeutung und stellen aus Sicht der Expertenkommission ein besonderes Desiderat für die Evaluation der Forschungszulage dar.

IP-Transfer für Ausgründungen erleichtern

Deutschland tut sich schwer mit forschungsbasierten Ausgründungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen wie Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF). Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in den Schwierigkeiten der Übertragung des geistigen Eigentums (Intellectual Property, IP) in Form von Patentverkäufen oder Lizenzverträgen von der wissenschaftlichen Einrichtung an das gründende Unternehmen. Diese Schwierigkeiten entstehen dadurch, dass der Wert der Rechte an geistigem Eigentum in aller Regel schwer zu bestimmen ist, wodurch ein hoher Grad an Unsicherheit entsteht. Außerdem liegen unterschiedliche Interessenlagen zwischen den Gründerinnen und Gründern einerseits und den Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen andererseits vor.

Beides zusammen führt zu langwierigen und möglicherweise erfolglosen Verhandlungen zwischen den beiden Parteien.⁵⁹

Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind zunehmend darauf ausgerichtet, das geistige Eigentum an den wirtschaftlich verwertbaren Ideen ihrer Beschäftigten durch Kommerzialisierung zu verwerten. Sie haben dabei ein Interesse an stabilen und möglichst hohen Einnahmen aus dem IP-Transfer. Verstärkt wird diese Einnahmenorientierung durch die weitverbreitete Erwartung, dass sich über Erlöse aus dem Patentverkauf und aus Lizenzierungen die Kosten für die eigenen Transfereinrichtungen wieder einspielen lassen und gegebenenfalls dauerhafte Überschüsse erzielt werden können. Diese Erwartung lässt sich kaum durch empirische Befunde begründen; mit wenigen Ausnahmen arbeiten Transfereinrichtungen in Deutschland, aber auch in anderen Ländern, defizitär.⁶⁰

Sorge um Verletzung des Beihilfe-rechts erschwert IP-Transfer

Zusätzlich erschwert werden Verhandlungen zum IP-Transfer durch Unsicherheit über das EU-Beihilferecht. Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind im Umgang mit ihren Ausgründungen an das Beihilferecht gebunden, da ihre Ideen auf öffentlich finanzierten Forschungsaktivitäten beruhen. Entsprechend kann die Lizenzvergabe durch eine staatlich finanzierte Hochschule oder Forschungseinrichtung an eine Gründerin oder einen Gründer dann als unzulässige Beihilfe gewertet werden, wenn die Hochschule oder Forschungseinrichtung als IP-Geber den Wert der zugrundeliegenden IP zu niedrig bemisst. Das Beihilferecht formuliert keine konkreten Ausgestaltungsvorgaben, macht es aber für die IP-Geber – also die Hochschulen und Forschungseinrichtungen – erforderlich, eine Bewertung der IP vorzunehmen.⁶¹ Obwohl das Europäische Beihilferecht im März 2023 modifiziert wurde, um die Übertragung von IP an Ausgründungen zu erleichtern, besteht seitens der Hochschulen und Forschungseinrichtungen immer noch ein hohes Maß an Unsicherheit.⁶² Um jegliches Risiko einer Rechtsverletzung auszuschließen, neigen sie dazu, den Wert des Patents eher hoch anzusetzen und diesen auch zur Grundlage des Lizenzvertrags zu machen.

Da die Gründenden zum Zeitpunkt der Ausgründung meist nur über beschränkte finanzielle Mittel verfügen, gehen hohe Preise für Patente und hohe Lizenzzahlungen zu Lasten der Weiterentwicklung und Skalierung eines Start-ups. Die Ausgründungen verlieren dadurch finanzielle Ressourcen und büßen bei potenziellen Investoren an Attraktivität ein.⁶³ Besonders kritisch sind Vereinbarungen, die die Ausgründungen zu erfolgsunabhängigen Zahlungen an die Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen verpflichten, etwa Patentverkäufe oder Lizenzverträge mit Vorauszahlungen oder laufzeitbezogenen Zahlungen. Das legitime Interesse der Hochschulen und Forschungseinrichtungen an der Erzielung stabiler Einnahmen kann somit die Erfolgsaussichten einer Ausgründung nachhaltig schmälern.⁶⁴

Initiative zur Erleichterung von IP-Transfer angelaufen

Um einen unkomplizierteren und gründungsfreundlicheren Transfer von IP in forschungsbasierte Ausgründungen zu ermöglichen, hat die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) in Partnerschaft mit dem Stifterverband und dem Fraunhofer ISI sowie mit Unterstützung von startup.niedersachsen die Initiative IP-Transfer 3.0 auf den Weg gebracht. Sie greift dabei u. a. ein bereits an der TU Darmstadt praktiziertes Modell auf, das eine sogenannte virtuelle Beteiligung an den Ausgründungen gegen Überlassung der IP vorsieht.⁶⁵ Zudem wird vorgeschlagen, die maximale Beteiligung an einer Ausgründung auf 10 Prozent zu beschränken. Im Unterschied zu einer klassischen Beteiligung verzichten die IP-Geber bei der virtuellen Beteiligung auf ihr Stimmrecht. Die Initiatoren des Modells erhoffen sich davon zweierlei: Zum einen entbinden sie die Hochschulen und Forschungseinrichtungen von den administrativen Verpflichtungen, die mit einer klassischen Beteiligung verbunden sind. Zum anderen profitieren die Gründenden, weil die Liquidität ihres Start-ups nicht durch hohe Preise beim Patenterwerb oder durch hohe laufende Lizenzzahlungen belastet wird. Darüber hinaus gewinnen die Ausgründungen für Kapitalgeber an Attraktivität, da die Kapitalgeber – im Falle einer virtuellen Beteiligung – Geschäftsentscheidungen nicht mehr mit den Verwaltungsapparaten von Hochschulen und Forschungseinrichtungen koordinieren müssen.⁶⁶

Mit der Entwicklung u. a. von Musterverträgen für unterschiedliche IP-Transferszenarien,⁶⁷ fragegeleiteten Entscheidungshilfen zur Charakterisierung der IP-Situation und der dafür geeigneten Verwertungsmodelle (IP-Wahl-O-Meter) sowie eines Kriterienkatalogs zur marktüblichen Bewertung von IP (IP-Scorecard)⁶⁸ wurde im Rahmen des Projekts zudem ein Instrumentenkasten geschaffen, der die Unsicherheit bei der beihilferechtskonformen Bewertung von IP reduzieren und Lizenzierungsverhandlungen massiv verkürzen soll.⁶⁹

Seit November 2022 testen 17 Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Forschungsverbände das beschriebene Verfahren. Die Expertenkommission begrüßt das Pilotprojekt ausdrücklich. Sie hofft, dass damit nicht nur neue Wege des IP-Transfers ausgelotet werden, sondern vor allem ein Informations- und Lernprozess in der Transfer-Community angestoßen wird.

Transferwirkungen wichtiger als Lizenzeinnahmen

Um die strukturell bedingten Interessenkonflikte zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und Gründenden bei Verhandlungen zum IP-Transfer zu entschärfen, empfiehlt die Expertenkommission, die Anreizsysteme zu modifizieren. So sollte der Transfererfolg von wissenschaftlichen Einrichtungen nicht anhand von Patenterlösen und Lizenzeinnahmen, sondern stärker am nachhaltigen Erfolg der von ihnen begleiteten Ausgründungen gemessen werden. Die Expertenkommission erinnert daran, dass die Kommerzialisierung von IP kein geeignetes Mittel ist, um die Einnahmesituation von Forschungseinrichtungen und Hochschulen zu verbessern, wohl aber einen wichtigen Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung leistet.

Strikte Trennung zwischen militärischer und ziviler FuE auflösen

Das Zusammenspiel von militärischer und ziviler FuE hat zu einer Reihe von weltweit bedeutenden Innovationen geführt. GPS, Internet und Raketentechnologie sind prominente Beispiele dafür, wie ursprünglich militärische Entwicklungen von zivilen Akteuren aufgegriffen, weiterentwickelt und für den zivilen Gebrauch vermarktet wurden.

Die Beziehungen zwischen militärischer und ziviler FuE lassen sich in zwei Kategorien einteilen: Spillovers (Übertragungseffekte) und Dual Use (Doppelter Verwendungszweck). Der Begriff Spillovers wird verwendet, wenn militärische FuE-Aufträge an Unternehmen weitere privatwirtschaftliche FuE-Aufwendungen auslösen oder wenn Wissen und Erkenntnisse aus dem militärischen Sektor durch den zivilen Sektor übernommen werden.

Von Dual Use spricht man, wenn Technologien sowohl zivil als auch militärisch angewendet werden können. Die Bedeutung von Dual Use ist – auch infolge der hohen Anwendungsbreite der digitalen Technologien – in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Ein aktuelles Beispiel sind die Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz.

Leistungssteigerungen durch Spillovers und Dual Use möglich

In vielen Ländern werden Spillovers und Dual Use bewusst gefördert, da sie zu Leistungs- und Effizienzsteigerungen sowohl im militärischen als auch im zivilen Sektor beitragen können. Prominente Beispiele sind die DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) in den USA und die Militäreinheit 8200 in Israel.

Die DARPA, gegründet 1958 als Antwort auf den Sputnik-Schock, dient der Entwicklung neuer Technologien für das US-amerikanische Militär. Mit einem vorgesehenen Jahresbudget von zuletzt 4,1 Milliarden US-Dollar⁷⁰ beauftragt die DARPA Forschungsaktivitäten für das Militär. Dabei entstehen innovative Anwendungen, die vom zivilen Sektor aufgegriffen und dort vermarktet werden. Im Ergebnis ziehen die von der DARPA finanzierten FuE-Projekte für das Militär Spillovers in der privaten Wirtschaft nach sich und tragen somit zur Innovationsstärke der US-amerikanischen Wirtschaft bei.

Die DARPA nutzt einen ambitionierten Förderansatz, um anwendungsorientierte, besonders risikoreiche und kostenintensive FuE-Projekte zu fördern, für deren Finanzierung sich in aller Regel keine privatwirtschaftlichen Akteure finden. Dabei lässt sie bewusst Raum für neue Herangehensweisen. Im internationalen Kontext nimmt sie damit eine Vorreiterrolle ein.⁷¹

Die israelische Militäreinheit 8200 ist eine Einheit der israelischen Streitkräfte, die für geheime Operationen, Spionageabwehr, Codeentschlüsselung, Cyberkriegsführung, militärische Aufklärung und Überwachung zuständig ist. Die Soldatinnen und Soldaten der Einheit 8200 werden dafür im Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien, Informatik und Cybersicherheit ausgebildet. Nach Beendigung ihrer Dienstzeit ist es ihnen erlaubt, ihre im militärischen Sektor erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten im zivilen Sektor zu nutzen. Viele ehemaligen Soldatinnen und Soldaten werden von privaten IT-Unternehmen übernommen oder gründen eigene Start-ups. Die Einheit 8200 ist somit ein zentraler Faktor hinter dem Erfolg Israels als einer der weltweit führenden Volkswirtschaften im Bereich IT und Cybersicherheit.

Umgang mit militärischer FuE neu bewerten

Die Wirkung militärischer FuE kann einerseits anhand von Produktivitätseffekten und damit outputseitig bemessen werden, andererseits anhand veränderter FuE-Aktivitäten und damit inputseitig.

Eine Langzeitstudie auf Basis von OECD-Länderdaten belegt, dass eine Erhöhung der staatlich finanzierten FuE zu einer Steigerung der privatwirtschaftlichen FuE in bestimmten Branchen führt. Dies gilt insbesondere für staatlich finanzierte militärische FuE. Die Studie stellt darüber hinaus fest, dass der durch militärische FuE induzierte Anstieg der privaten FuE auch zu Produktivitätsgewinnen führt, also nicht nur input-, sondern auch outputseitige Effekte hat.⁷²

Deutliche Effekte auf private FuE-Ausgaben dokumentiert auch eine aktuelle Langzeitstudie zu den militärischen FuE-Ausgaben in den US-Bundesstaaten. Der Studie zufolge regt ein US-Dollar an staatlich finanzierter militärischer FuE zwischen 0,57 und 0,72 US-Dollar an zusätzlichen privaten FuE-Ausgaben an. Darüber hinaus werden positive Auswirkungen der verteidigungsbezogenen FuE auf die Beschäftigung nachgewiesen.⁷³

Infolge der strikten Trennung von militärischer und ziviler Forschung verzichtet Deutschland bislang weitgehend auf die leistungssteigernde Wirkung von Spillovers und Dual Use. Die im Jahr 2020 gegründete Agentur für Innovation in der Cybersicherheit stellt hier eine der wenigen Ausnahmen

dar.⁷⁴ Die Expertenkommission hat bereits in ihrem letzten Gutachten darauf hingewiesen, dass infolge dieser Trennung die knappen Ressourcen für Forschung und Innovation zur Lösung von gesellschaftlich wichtigen Problemen, wie etwa die Sicherung von Datennetzen und kritischer Infrastruktur, nicht effizient eingesetzt werden.⁷⁵

Die Expertenkommission empfiehlt angesichts zunehmender globaler Bedrohungslagen, die Optionen im Umgang mit militärischer FuE neu zu bewerten. Die aufgeführten Studien zeigen, dass militärische FuE via Spillovers positive Wirkungen auf zivile FuE haben kann und damit zusätzlich zu den Leistungssteigerungen im militärischen Bereich auch zu positiven Effekten bei Produktivität und Beschäftigung im zivilen Sektor führt. Damit dies auf effiziente Art und Weise gelingen kann, sollten Synergien zwischen militärischer und ziviler Forschung ermöglicht werden. Die strikte Trennung, wie sie jahrzehntelang in Deutschland praktiziert wurde, gilt es grundsätzlich zu überdenken und – wo sinnvoll – aufzulösen.⁷⁶

Nutzung standardessenzieller Patente erleichtern

Damit Produkte weltweit funktionieren und miteinander vernetzt werden können, sind Standards unerlässlich. Gerade in den sich schnell entwickelnden Hochtechnologiebereichen kommt Standards eine entscheidende Rolle im Innovationsgeschehen zu. Indem sie die Interoperabilität von Produkten ermöglichen, senken sie Transaktionskosten, erleichtern den Marktzutritt neuer Anbieter und tragen zur Verbreitung neuer Technologien bei.⁷⁷ Ist die Technologie jedoch durch Patente geschützt, müssen Unternehmen, die den Standard implementieren wollen, eine Lizenz erwerben. Patente dieser Art werden als standardessenzielle Patente (SEPs) bezeichnet.⁷⁸ SEPs sind vor allem im Telekommunikationsbereich von großer Bedeutung. Allein der Mobilfunkstandard 5G beinhaltet Zehntausende von Patenten.⁷⁹ Das durch SEP gewährte Ausschussrecht wird durch die Verpflichtung der SEP-Inhaber ausgeglichen, Lizenzen für diese Patente zu fairen, angemessenen und diskriminierungsfreien Bedingungen (FRAND-Bedingungen) zu vergeben.⁸⁰ Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass der Zugang zu essenziellen Technologien nicht blockiert wird und so Innovationen nicht behindert werden.

Das FRAND-System vermag jedoch nicht, SEP-bezogene Probleme zufriedenstellend zu lösen.⁸¹ Den Standardnutzern liegen oft nur begrenzte Informationen vor, wer die Inhaber des SEPs sind. Zudem ist für sie nicht transparent, ob alle Patente, für die sie Lizenzen beantragen, wirklich notwendig bzw. essenziell sind, um einen Standard zu implementieren. Darüber hinaus ist es für Standardnutzer mit geringen Ressourcen schwierig, die Angemessenheit der von SEP-Inhabern geforderten Lizenzgebühren zu beurteilen. Wegen des Mangels an Informationen können die Standardnutzer die Lizenzierungskosten bei der Planung – insbesondere von neuen, innovativen Produkten – nur unzureichend berücksichtigen. Die SEP-Inhaber wiederum klagen über langwierige Verhandlungen insbesondere mit den großen Standardnutzern.⁸² Um die Nutzung von SEPs kommt es in der Folge immer wieder zu zeit- und kostenintensiven Lizenzierungsstreitigkeiten.⁸³ Mit der wachsenden Bedeutung des Internets der Dinge (Internet of Things, IoT) gegenüber der klassischen Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) hat sich das bestehende Konfliktpotenzial zusätzlich erhöht. Das liegt nicht nur daran, dass die IoT-Konnektivität in besonderem Maße durch standardbasierte Technologien geprägt ist, sondern auch an der – gegenüber der klassischen IKT-Branche – großen Zahl und der Heterogenität der in diesem jungen Technologiefeld beteiligten Akteure.

EU-Verordnung zielt auf erhöhte Transparenz für Patente ab

Die EU hat auf die wachsende Komplexität sowie zunehmende Streitigkeiten bei Lizenzverhandlungen reagiert und im April 2023 den Entwurf einer Verordnung zur Neuregelung von SEPs vorgelegt.⁸⁴ Auch andere Länder arbeiten an Richtlinien für SEP-Lizenzverhandlungen.⁸⁵ Ziel der Neuregelung ist es, die Grundlage dafür zu schaffen, dass sowohl die Inhaber als auch die Umsetzer von SEPs einen Anreiz haben, in der EU Innovationen hervorzubringen und anzuwenden. Ferner sollen Endnutzer – einschließlich KMU, Verbraucherinnen und Verbraucher – zu angemessenen Preisen von Produkten profitieren können, die auf den neuesten standardisierten Technologien basieren.⁸⁶ Die Lizenzierung von SEPs soll daher künftig unter vorhersehbaren und transparenten Bedingungen erfolgen und die Transaktionskosten sollen sowohl für SEP-Inhaber als auch für Anwender gesenkt werden.⁸⁷ Der Ver-

ordnungsentwurf sieht mehrere Maßnahmen vor, um dieses Ziel zu erreichen:

- Erarbeitung freiwilliger Leitlinien für die SEP-Lizenzierung sowie Einrichtung einer Kompetenzstelle beim Amt der Europäischen Union für geistiges Eigentum (EUIPO), die u. a. KMU unterstützen soll;
- Aufbau eines SEP-Registers am EUIPO sowie Einführung eines Begutachtungsverfahrens, mittels dessen geprüft wird, wie essenziell ein Patent für einen Standard ist (Wesentlichkeitsprüfung);
- Einrichtung eines Sachverständigenverfahrens zur Begutachtung von SEP-Gesamtlizenzgebühren (Gesamthöchstpreis);
- Einführung eines Schlichtungsverfahrens vor Einleitung eines Rechtsstreits.⁸⁸

Schaffung von SEP-Register und Begutachtungsverfahren sinnvoll

Die Expertenkommission begrüßt die Initiative der EU, den Markt für SEP transparenter zu gestalten und damit die bestehende Informationsasymmetrie zwischen Patentinhabern und Lizenznehmern abzubauen. Sie hält die zu diesem Zweck geplante Formulierung freiwilliger Leitlinien für die SEP-Lizenzierung und die Einführung eines Schlichtungsverfahrens vor Einleitung eines Rechtsstreits für grundsätzlich sinnvoll. Zudem befürwortet die Expertenkommission den Aufbau eines SEP-Registers sowie die Einführung eines Begutachtungsverfahrens im Sinne einer Wesentlichkeitsprüfung. Allerdings ist sie skeptisch, ob eine Wesentlichkeitsprüfung für den gesamten SEP-Bestand durchgeführt werden kann. Sie plädiert dafür, Wesentlichkeitsprüfungen anlassbezogen auf einzelne, strittige Bereiche zu fokussieren. Studien zeigen, dass es verlässliche Verfahren gibt, um die Wesentlichkeit eines Patents für einen Standard mit vertretbarem Aufwand festzustellen.⁸⁹

Auch der Einrichtung eines Verfahrens zur Festsetzung von SEP-Gesamtlizenzgebühren steht die Expertenkommission kritisch gegenüber. Da der Wert von SEP-Lizenzen nicht objektiv definiert werden kann, sondern von Angebot und Nachfrage

bestimmt wird, führt eine marktferne Wertfestsetzung höchstwahrscheinlich nicht zu einem für Lizenzgeber und Lizenznutzer akzeptablen Ergebnis. Dies gilt insbesondere für den noch jungen und dynamischen IoT-Markt, der bisher wenig Orientierungsmöglichkeiten für die Wertbeurteilung von SEPs bietet.

Die Expertenkommission ist zudem skeptisch, ob das EUIPO, das lediglich für die Eintragung von Unionsmarken und Gemeinschaftsgeschmacksmuster, nicht aber für Patente zuständig ist, die ihm zugeordneten Aufgaben zeitnah erfüllen kann. Anstatt am EUIPO in den kommenden Jahren neue Kompetenzen aufzubauen, wäre es nach Ansicht der Expertenkommission günstiger, die bereits bestehenden Kompetenzen am Europäischen Patentamt zu nutzen.

Potenziale von Daten endlich nutzbar machen

Die Expertenkommission hat in ihren Gutachten bereits mehrfach auf die hohe Bedeutung von Daten für das F&I-System hingewiesen.⁹⁰ Daten sind Grundlage für den Erkenntnisgewinn und die Entscheidungsfindung. Sie fließen in die Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen ein. Nicht zuletzt stellen sie ein wesentliches Element der digitalen Transformation dar. Das Anwendungsspektrum von Daten ist breit und reicht von der Steuerung digitaler Anwendungen in der Landwirtschaft (vgl. Kapitel B 1) über die Entwicklung und Anwendung von Modellen der künstlichen Intelligenz (vgl. Kapitel B 4) bis hin zur Evaluation von Politikmaßnahmen, um auf dieser Basis Maßnahmen bewerten und ggfs. anpassen zu können (vgl. Kapitel A 2).

Die Bundesregierung hat die Bedeutung von Daten erkannt und verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Datenbereitstellung und des Datenzugangs geplant oder initiiert. Die im August 2023 von ihr verabschiedete Datenstrategie gibt einen Überblick über die Maßnahmen und die Zeiträume der geplanten Umsetzung.⁹¹ Einige der Maßnahmen sind bereits ergriffen worden. So ist es beispielsweise sehr zu begrüßen, dass das Gesundheitsdatennutzungsgesetz mittlerweile verabschiedet wurde und damit der Weg für die Nutzung von Gesundheitsdaten zur Verbesserung von Diagnostik und Therapie für Patientinnen und Patienten geebnet ist. Weitere Maßnahmen müssen noch ergriffen und umgesetzt werden, so z. B. die Einrichtung eines Agrardatenraums oder die Verabschiedung des Forschungsdatengesetzes.

Fortschritte bei der Bereitstellung und Nutzung von Daten essenziell

Es liegen bereits zahlreiche Vorschläge zur Verbesserung der Infrastruktur und des Zugangs zu öffentlich finanzierten Daten sowie zu deren Zusammenführung vor.⁹² Diese betreffen u. a. notwendige Anpassungen bestehender rechtlicher Regelungen bzw. deren uneinheitliche Auslegung in den Bundesländern (u. a. Datenschutzgrundverordnung – DSGVO, Bundesstatistikgesetz und Gesetz über Steuerstatistiken).

Die Expertenkommission weist erneut darauf hin, dass wesentliche Fortschritte bei der Bereitstellung und Nutzung von Daten unabdingbar sind, um auch in den Bereichen der Datenanwendung Fortschritte zu erzielen und die digitale Transformation zu realisieren. Die künstliche Intelligenz als Schlüsseltechnologie ist nur ein Beispiel, allerdings ein sehr wichtiges.

A 2 Kausalanalyse von Maßnahmeneffekten

Viele der im Auftrag der Bundesregierung durchgeführten Evaluationsstudien zu Maßnahmen der Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) lassen keine Rückschlüsse darauf zu, ob die beobachteten Entwicklungen tatsächlich auf die untersuchten Politikmaßnahmen zurückzuführen sind. Wesentlicher Grund hierfür ist, dass Evaluationsstudien häufig nicht den methodischen Anforderungen an eine Kausalanalyse genügen, nicht zuletzt, weil die Voraussetzungen für den sachgerechten Einsatz geeigneter Methoden nicht in jedem Fall erfüllt sind. Das fehlende Wissen über die Wirkung von Maßnahmen erschwert ein systematisches und evidenzbasiertes Politiklernen. Die Möglichkeiten, aus der Bewertung von und Erfahrung mit durchgeführten Maßnahmen zu lernen, um gegebenenfalls zukünftige Maßnahmen so anzupassen, dass deren Ziele besser erreicht werden, bleiben im Wesentlichen ungenutzt.

Die Bundesregierung ist daher aufgefordert, Kausalanalysen der Maßnahmeneffekte systematisch und umfassend in den Einsatz von Maßnahmen der F&I-Politik zu integrieren und so die Voraussetzungen für eine sach- und fachgerechte Durchführung dieser Analysen sowie für deren Nutzbarkeit beim Politiklernen zu gewährleisten. Hierzu ist es erforderlich, bei der Ausschreibung von Evaluationsstudien Kausalanalysen in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen, die Datenverfügbarkeit für die evaluierenden Einrichtungen zu verbessern und alle in Auftrag gegebenen Evaluationsstudien zu veröffentlichen.

Kausalanalysen für lernende Forschungs- und Innovationspolitik erforderlich

Kausalanalysen der Effekte von Politikmaßnahmen sind notwendig, um die Effektivität und Effizienz dieser Maßnahmen bewerten zu können und dadurch Politiklernen zu ermöglichen. Politikmaßnahmen sind effektiv, wenn sie die verfolgten Ziele erreichen, und effizient, wenn es keine Möglich-

keiten gibt, die verfolgten Ziele kostengünstiger zu realisieren. Politiklernen impliziert, dass Maßnahmen auf besserer Wissensbasis unverändert fortgeführt, nachjustiert oder gegebenenfalls aufgegeben werden.

Die Expertenkommission schätzt die Potenziale des Politiklernens in der F&I-Politik aus folgenden Gründen als hoch ein:

- Maßnahmen der F&I-Politik zielen auf ein breites Spektrum verschiedener F&I-Aktivitäten ab – von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis zur Anwendung. Die verschiedenen Arten von F&I-Aktivitäten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Ansatzpunkte sowie ihrer förderpolitischen Relevanz. Ihre Ergebnisse sind mit einem unterschiedlich hohen und sich zeitlich verändernden Grad der Unsicherheit verbunden.
- Inwieweit eine Maßnahme der F&I-Politik geeignet ist, bestimmte F&I-Aktivitäten zu unterstützen, hängt stark vom jeweiligen Kontext ab. So kann die Wirksamkeit einer Maßnahme je nach Branche oder Region ganz unterschiedlich ausfallen.
- Die F&I-Politik zielt zunehmend darauf ab, F&I-Aktivitäten in völlig neue Richtungen zu lenken und damit einen Beitrag zur Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu leisten. Dabei kann die F&I-Politik häufig nicht einfach auf etablierte Maßnahmen zurückgreifen, sondern muss diese anpassen oder gänzlich neue Wege beschreiten.

Vor diesem Hintergrund können Kausalanalysen der Maßnahmeneffekte erheblich dazu beitragen, Maßnahmen der F&I-Politik anzupassen, weiterzuentwickeln und somit deren Wirkung zu verbessern. Kausalanalysen sind Teil von Ex-post-Evaluationen, die Maßnahmen im Nachhinein untersuchen und bewerten. Neben solchen Ex-post-Evaluationen

sind häufig auch begleitende Evaluationen erforderlich, um bereits während der Laufzeit von Maßnahmen Erkenntnisse über deren Umsetzbarkeit zu gewinnen und gegebenenfalls frühzeitig nachsteuern zu können. Dies gilt insbesondere im Rahmen einer missionsorientierten und transformativen F&I-Politik, in der zahlreiche Maßnahmen parallel oder sequenziell zum Einsatz kommen, deren Zusammenwirken ex ante nur unvollständig abgeschätzt werden kann.

Aussagekraft der Wirkungsevaluationen von Methodik abhängig

Das Ziel der Kausalanalysen von Maßnahmeneffekten ist es festzustellen, ob beobachtete Veränderungen in vorab definierten Zielgrößen kausal, d. h. ursächlich, auf die untersuchte Politikmaßnahme zurückzuführen sind. Die Aussagekraft solcher Kausalanalysen und damit die Möglichkeiten des Politiklernens hängen von der verwendeten Methodik ab. Diese hat sich in den letzten Jahrzehnten grundlegend weiterentwickelt. Experimentelle und quasi-experimentelle Verfahren der Kausalanalyse sind heute fest etablierter Standard in den empirischen Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.⁹³

Die Expertenkommission hat bereits in ihrem Jahresgutachten 2010 auf die Bedeutung aussagekräftiger Evaluationsstudien hingewiesen und seitdem immer wieder die Notwendigkeit betont, Kausalanalysen von Maßnahmeneffekten vorzunehmen.⁹⁴ Darüber hinaus hat 2013 der wissenschaftliche Beirat des damaligen BMWi in einem seiner Gutachten die Bedeutung von Kausalanalysen für die Evaluation wirtschaftspolitischer Maßnahmen betont. Die von ihm formulierten methodischen Anforderungen sind weiterhin aktuell – auch für Maßnahmen der F&I-Politik.⁹⁵

Um aussagekräftige Kausalanalysen durchführen zu können, müssen die Voraussetzungen hierfür bereits bei der Konzeption von Politikmaßnahmen berücksichtigt und mit der Umsetzung der Maßnahmen geschaffen werden. Wesentlich dafür ist es, die Situation im Fall der durchgeführten Maßnahme mit der Situation zu vergleichen, die sich ohne Maßnahme ergeben hätte, die sogenannte kontrafaktische Situation (vgl. Box A 2-1). Dieser Vergleich wird über ein geeignetes Evaluationsdesign hergestellt. Zentrale Anforderungen sind, dass die von einer Maßnahme Erfassten, die Treatment-Gruppe,

mit einer geeigneten Kontrollgruppe Nichterfasster (vgl. Box A 2-1) verglichen werden und die Wirksamkeit der Maßnahme mit geeigneten experimentellen oder quasi-experimentellen Verfahren überprüft wird (vgl. Box A 2-1).

Bestmögliche Voraussetzungen für eine geeignete Zusammensetzung von Treatment- und Kontrollgruppe bietet eine echte Randomisierung der Maßnahmenteilnahme im Rahmen von Politikexperimenten (vgl. Box A 2-1). Für Politikexperimente gibt es international zahlreiche Vorbilder.⁹⁶ Echte Randomisierung bedeutet etwa bei einer Fördermaßnahme, dass die Auswahl der Geförderten zufällig erfolgt. Bei ausreichend großen Fallzahlen kann durch Randomisierung sichergestellt werden, dass sich die Gruppe der Geförderten und die Kontrollgruppe der Nichtgeförderten in allen beobachtbaren und nicht beobachtbaren Merkmalen mit Ausnahme des Merkmals „gefördert“ bzw. „nicht gefördert“ statistisch nicht unterscheiden.⁹⁷ Die für eine Kausalanalyse so wichtige kontrafaktische Situation wird auf diese Weise von vornherein in die Politikmaßnahme integriert.

Randomisierung kann häufig mit einer Vorauswahl nach inhaltlichen, mit der Maßnahme verbundenen förderrelevanten Kriterien kombiniert werden.⁹⁸ So kann etwa zunächst die grundsätzliche Förderfähigkeit geprüft werden. Eine zufällige Auswahl erfolgt nur innerhalb der Gruppe der Förderfähigen, ggf. auch nur innerhalb einer Teilgruppe.⁹⁹

Randomisierte Politikexperimente sind vielfach nicht durchführbar, etwa weil die notwendigen Fallzahlen nicht erreicht werden. Ist dies absehbar, dann sollten von vornherein quasi-experimentelle Verfahren der Kausalanalyse in Betracht gezogen werden (vgl. Box A 2-1). Deren Anwendbarkeit und Aussagekraft kann durch ein geeignetes Design der Maßnahme und durch die Erhebung der erforderlichen Daten verbessert werden.

Methodisches Potenzial in Evaluationspraxis nicht ausgeschöpft

Die Bundesregierung hat in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Studien zur Evaluation von Maßnahmen der F&I-Politik in Auftrag gegeben.¹⁰⁰ Die Expertenkommission ist der Frage nachgegangen, wie viele dieser Studien den Anspruch erheben, kausale Effekte der untersuchten Maßnahmen nachzu-

Box A 2-1 Erläuterung kausal-analytischer Grundbegriffe

Kausalanalyse: Unter Kausalanalyse werden statistische Verfahren zur Ermittlung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen verschiedenen Größen verstanden. In der Politikanalyse wird die Kausalanalyse verwendet, um festzustellen, ob und in welchem Ausmaß eine bestimmte Intervention wie etwa eine Maßnahme der F&I-Politik (die unabhängige Größe) einen direkten Effekt auf das gewünschte Ergebnis (die abhängige Größe) hat.

Kontrafaktischer Zustand: Der kontrafaktische Zustand bezeichnet die hypothetische Situation, in der sich eine von einer Intervention (dem sogenannten Treatment) betroffene Einheit (z.B. eine Person, eine Gruppe, ein Unternehmen, eine Region) befände, wenn sie nicht der Intervention ausgesetzt gewesen wäre.

Randomisierung: Randomisierung bedeutet, dass die Maßnahmenteilnehmerinnen und -teilnehmer zufällig zwei Gruppen zugeordnet werden:

1. **Treatment-Gruppe:** Diese Gruppe unterliegt der Intervention, deren Effekt untersucht werden soll.
2. **Kontrollgruppe:** Diese Gruppe unterliegt entweder keiner Intervention oder einer anderen Intervention als der untersuchten. Aus den Ergebnissen der Kontrollgruppe wird auf den kontrafaktischen Zustand der Treatment-Gruppe geschlossen, um die Wirkung der Intervention zu messen bzw. die Wirkung der verschiedenen Interventionen zu vergleichen.

Die Randomisierung soll sicherstellen, dass es vor der Intervention keine systematischen Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Das bedeutet, dass alle bekannten und unbekanntem Größen, die das Ergebnis beeinflussen könnten, gleichmäßig über beide Gruppen verteilt sind.

Experimentelle Verfahren: Randomisierte Experimente, oft auch als randomisierte kontrollierte Studien (Randomized Controlled Trials, RCTs) bezeichnet, werden in der Forschung verwendet, um die Wirksamkeit einer Intervention unter kontrollierten Umweltbedingungen zu testen. In geeigneter Weise konzipiert und durchgeführt, liefern randomisierte Experimente die stärkste Evidenz für kausale Effekte einer Intervention.

Quasi-experimentelle Verfahren: Quasi-experimentelle Verfahren basieren im Gegensatz zu experimentellen Verfahren nicht auf einer echten Randomisierung. Stattdessen werden Konstellationen untersucht, in denen die Teilnahme an einer Intervention „quasi“ zufällig erfolgte und für die Beteiligten kaum zu beeinflussen war. Beispielsweise ergibt sich bei Interventionen, die auf einzelne Regionen begrenzt waren, die Möglichkeit der Teilnahme quasi-zufällig durch die Zugehörigkeit zur Region. Daher können vergleichbare Einheiten aus anderen Regionen als Kontrollgruppe eingesetzt werden. Unter bestimmten Bedingungen, die sich je nach Verfahren unterscheiden, können auf diese Weise kausale Effekte von Interventionen geschätzt werden.¹⁰¹

Matching-Verfahren: Matching-Verfahren¹⁰² sind statistische Techniken, bei denen für jede Beobachtungseinheit in der Treatment-Gruppe eine oder mehrere Einheiten in der Kontrollgruppe gefunden werden, die in Bezug auf bestimmte beobachtete Größen ähnlich sind. Matching-Verfahren können dazu beitragen, Verzerrungen zu reduzieren, die durch die nicht-zufällige Teilnahme an Maßnahmen entstehen. Im Rahmen von Kausalanalysen werden sie in Ergänzung zu quasi-experimentellen Verfahren eingesetzt. Ein alleiniges Matching löst nicht das Problem, dass die Maßnahmenteilnahme durch nicht-beobachtbare Größen beeinflusst sein kann.

weisen und inwieweit dieser Anspruch eingelöst wird. Dazu wurden 81 zwischen 2009 und 2023 verfasste und öffentlich zugängliche Evaluationsstudien aus den Zuständigkeitsbereichen von BMBF und BMWK nach einem einheitlichen Analyseschema untersucht.¹⁰³ Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass eine belastbare Kausalanalyse auch in denjenigen Evaluationsstudien, die Aus-

gen zur Wirkung von Maßnahmen treffen, in der Vergangenheit häufig nicht durchgeführt wurde. Zudem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Voraussetzungen, etwa hinsichtlich der Datenverfügbarkeit, für Kausalanalysen im Rahmen der Evaluation von Politikmaßnahmen verbessert werden müssen.¹⁰⁴

In 59 der 81 untersuchten Evaluationsstudien wurden die Ergebnisse kausal interpretiert – unabhängig von der angewandten Methode (vgl. Abbildung A 2-2). In 24 dieser 59 Studien wurden Treatment- und Kontrollgruppen verglichen. Nur in einer dieser Studien wurden randomisierte Politikexperimente durchgeführt. In sechs Studien kamen quasi-experimentelle Methoden zum Einsatz. In sieben Studien wurden ausschließlich Matching-Verfahren (vgl. Box A 2-1) angewandt, die nur bedingt für eine Kausalanalyse geeignet sind. In den übrigen zehn der 24 Studien wurden keine Methoden verwendet, die eine Kausalanalyse der Maßnahmeneffekte erlauben. Das heißt, nur in sieben der 81 untersuchten Evaluationsstudien konnten belastbare Aussagen darüber getroffen werden, ob die evaluierten Maßnahmen wirksam waren. In 45 der 81 Evaluationsstudien wurden Entwicklungen jedoch als kausale Maßnahmenwirkungen interpretiert, obwohl die verwendete Methodik diese Schlussfolgerung nicht zulässt.

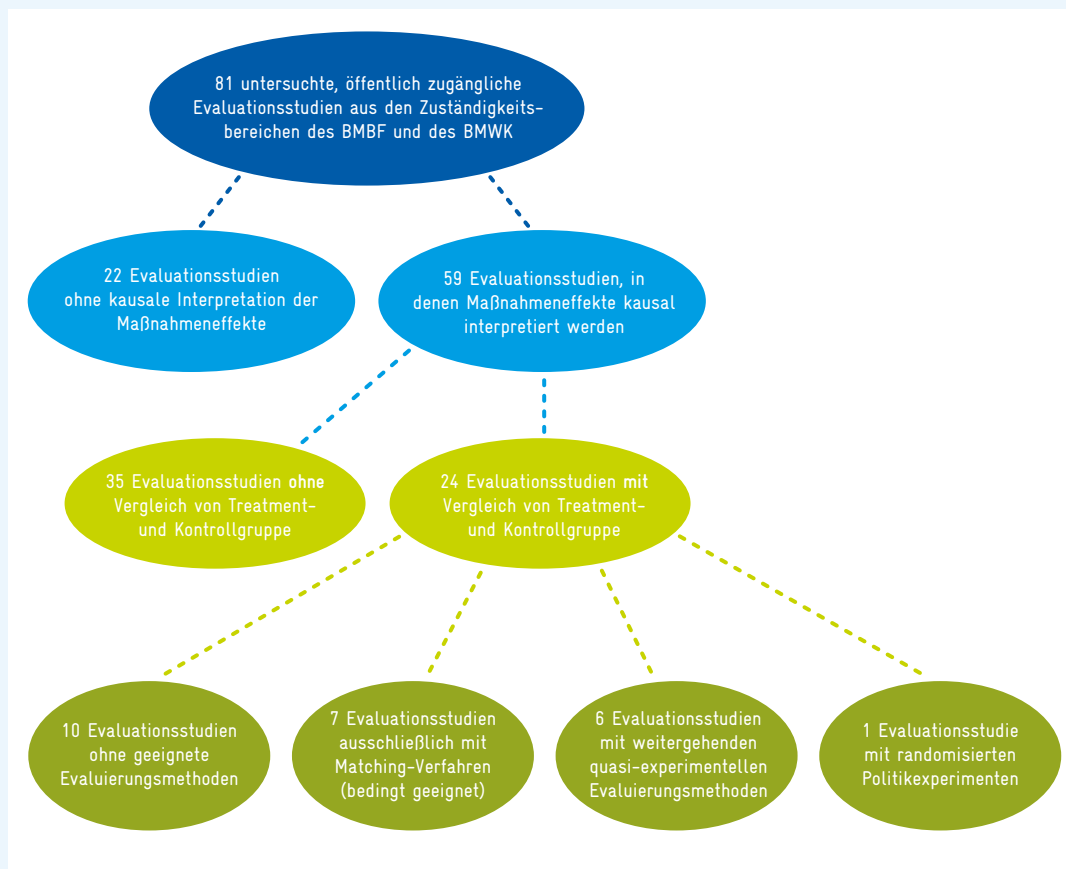
Insgesamt 40 der 59 Studien mit kausaler Ergebnisinterpretation attestieren den evaluierten Maßnahmen der F&I-Politik eine positive und 19 der Studien eine zumindest teilweise positive Wirkung. Im Ergebnis finden alle betrachteten Studien mit einer Wirkungsangabe auch eine positive Wirkung. Keine Studie kommt zu dem Schluss, dass Wirkungen der betrachteten Maßnahmen nicht nachweisbar sind, oder findet gar negative Wirkungen.¹⁰⁵ Dieses Muster unterscheidet sich deutlich von den Ergebnissen der in der wissenschaftlichen Literatur zu findenden Wirkungsanalysen. Diese kommen häufig zu dem Ergebnis, dass eine Wirksamkeit der untersuchten Maßnahmen nicht nachgewiesen werden kann.¹⁰⁶

Die Expertenkommission stellt fest, dass die Mehrzahl der betrachteten Evaluationsstudien den Anforderungen an eine aussagekräftige Kausalanalyse nicht genügt. Randomisierte Politikexperimente wurden in der Vergangenheit so gut wie nie durch-

Abb. A2-2 Untersuchungsergebnisse zu Evaluationsstudien aus den Zuständigkeitsbereichen des BMBF und des BMWK



[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Büchele et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

geführt. Auch Verfahren der quasi-experimentellen Kausalanalyse, die über ein bloßes Matching hinausgehen, wurden – auch wenn hier ein leicht positiver Trend zu beobachten ist – nur in Einzelfällen eingesetzt.¹⁰⁷ Damit fehlt der Politik die Grundlage, um aus der (Nicht-)Wirksamkeit früherer Maßnahmen zu lernen und die Wirksamkeit zukünftiger Maßnahmen der F&I-Politik zu erhöhen.

Gründe für mangelnde Aussagekraft von Evaluationsstudien vielfältig

Es gibt verschiedene Gründe dafür, dass das Forschungsdesign einer Evaluationsstudie den Anforderungen an eine aussagekräftige Wirkungsmessung durch Kausalanalyse nicht oder nicht vollständig genügt. In 32 der 81 von der Expertenkommission betrachteten Evaluationsstudien werden solche Gründe angeführt. Zu diesen Gründen zählen:

- Unzureichende Datenverfügbarkeit und -qualität erschweren oder verhindern die Identifikation geeigneter Kontrollgruppen und die Durchführung aussagekräftiger Kausalanalysen. Nicht in allen Fällen stehen Daten, die zu Beginn der Maßnahme prinzipiell verfügbar wären, für eine Kausalanalyse zur Verfügung.
- Kausalanalysen können an methodische Grenzen stoßen. So ist ein Vergleich von Treatment- und Kontrollgruppe bei zu geringen Fallzahlen nicht aussagekräftig. Zudem ist die Identifikation einer Kontrollgruppe gar nicht möglich, wenn alle potenziellen Adressatinnen und Adressaten einer Fördermaßnahme gefördert werden. Auch können Maßnahmeneffekte nicht zeitnah identifiziert werden, wenn Effekte der zu evaluierenden Politikmaßnahme erst langfristig zu erwarten sind.
- Die Effektivität von Maßnahmen wird anhand definierter Zielgrößen bewertet. Voraussetzung dafür ist, dass sich diese Zielgrößen messen lassen oder man sich ihnen zumindest annähern kann. Auch nicht-intendierte Effekte – positive wie negative – sind nicht immer messbar oder können übersehen werden.

- Die Bewertung der Effizienz einer Maßnahme ist mit besonders großen Anforderungen an die Daten verbunden, da hierbei in der Regel erforderlich ist, dass die Effekte verschiedener Maßnahmen gemessen und miteinander verglichen werden. Auf Basis einer Kausalanalyse lässt sich jedoch in vielen Fällen zumindest eine Kosten-Nutzen-Abschätzung vornehmen.

Handlungsempfehlungen

Die Bundesregierung verfolgt im Bereich der F&I-Politik ambitionierte Ziele und unterliegt gleichzeitig zunehmenden Sparzwängen. Eine aussagekräftige Kausalanalyse der Maßnahmeneffekte als Teil der Evaluation von Politikmaßnahmen schafft die Voraussetzungen für eine lernende F&I-Politik. Die Expertenkommission spricht sich deshalb dafür aus, die Kausalanalyse von Maßnahmen der F&I-Politik als Grundlage einer lernenden F&I-Politik zu stärken, und knüpft dabei an Handlungsempfehlungen früherer Jahresgutachten an.

Kausalanalysen systematisch in Maßnahmen der F&I-Politik integrieren

- Schon bei der Planung von Maßnahmen sind Bedingungen für eine Kausalanalyse der Maßnahmeneffekte mitzudenken und die Voraussetzungen für die Erhebung der erforderlichen Daten zu schaffen. Hierfür sind konkrete Ziele festzulegen und nach Möglichkeit geeignete Indikatoren zur Überprüfung der Zielerreichung zu benennen.¹⁰⁸ Bereits in dieser Phase sollten in der Methodik von Kausalanalysen ausgewiesene interne und externe Expertinnen und Experten einbezogen werden.
- Bei der Ausschreibung von Evaluationsstudien sollte die Leistungsbeschreibung eine Kausalanalyse sowie diesbezügliche Mindestanforderungen an das Evaluierungskonzept enthalten. Dabei sollte auch eine grundsätzliche Bewertung der Effizienz der Maßnahme, z. B. durch eine Kosten-Nutzen-Analyse, angestrebt werden. Der Zeitpunkt der Evaluation ist so zu wählen, dass die relevanten Effekte der jeweiligen Maßnahme realistischerweise beobachtet werden können.

- Bei der Vergabe von Evaluationsstudien ist insbesondere auf die methodische Kompetenz der Anbieter zu achten. Evaluationen sollten nicht von Organisationen durchgeführt werden, die selbst Träger der zu untersuchenden Maßnahme sind. Durch geeignete Ausschreibungsmodalitäten sollten Anreize für neue qualifizierte Anbieter geschaffen werden.¹⁰⁹

Kausalanalysen bestmöglich auf Evaluationskontext abstimmen

- Randomisierte Politikexperimente bieten ideale Voraussetzungen für aussagekräftige Kausalanalysen. Sie sollten stärker als bisher in der F&I-Politik eingesetzt werden. Eine Randomisierung bietet sich insbesondere dann an, wenn mit einer Überzeichnung von Fördermaßnahmen zu rechnen ist.
- Reallabore stellen eine besondere Kategorie von F&I-politischen Maßnahmen dar, die Politiklernen ermöglichen sollen. Bei der Einrichtung von Reallaboren sollte daher auch die spätere Kausalanalyse mitgedacht werden, z. B. indem sichergestellt wird, dass es aussagekräftige Vergleichseinheiten zum Reallabor gibt, um so dessen Gesamtwirkung abschätzen zu können.
- Um das Zusammenwirken verschiedener Maßnahmen im Kontext missionsorientierter F&I-Politik zu analysieren, kann es sinnvoll sein, die Erreichung der Missionsziele durch das Zusammenwirken der Maßnahmen aggregiert – ggf. auch im internationalen Vergleich – zu untersuchen.¹¹⁰
- Der Verzicht auf eine Kausalanalyse der Maßnahmeneffekte kann im Einzelfall begründet sein, nicht zuletzt, weil die Voraussetzungen hierfür nicht in jedem Fall geschaffen werden können. Ein solcher Verzicht muss jedoch mit den Besonderheiten des jeweiligen Maßnahmenkontextes begründet werden.
- Wo die Voraussetzungen belastbarer Kausalanalysen nicht erfüllt sind, kann die Verwendung einfacherer Verfahren wie etwa Matching-Verfahren Hinweise auf die Effektivität von Maßnahmen geben. Jedoch sollten in solchen Fällen keine Aussagen über die Maßnah-

menwirksamkeit getroffen werden, die nicht durch die verwendeten Verfahren gedeckt sind.

Know-how erweitern und Transparenz schaffen

- Zentrale Voraussetzung für Politiklernen mittels Kausalanalysen von Maßnahmeneffekten ist, dass sie ergebnisoffen durchgeführt und positive wie negative Ergebnisse gleichermaßen als Erkenntnisfortschritt geschätzt werden.¹¹¹
- Unabhängig von den Ergebnissen sollten alle von den Ministerien beauftragten Analysen von Maßnahmeneffekten veröffentlicht werden. Dabei sind auch die verwendeten Daten und Programmiercodes offenzulegen oder interessierten Forscherinnen und Forschern auf Anfrage zugänglich zu machen. Hierdurch wird eine Replikation der Ergebnisse, ggf. auch mit später entwickelten verbesserten Analysemethoden, ermöglicht.
- Die institutionelle Verankerung der Evaluationspraxis in den Ministerien sollte weiter gestärkt und dabei ein besonderes Augenmerk auf die Weiterbildung der Beschäftigten in den Fachreferaten gelegt werden.¹¹²

Verfügbarkeit und Qualität von Daten erhöhen

- Die für die Durchführung einer Maßnahme verantwortlichen Referate oder Projektträger sollten den Evaluationsteams alle mit einer Maßnahme verbundenen Dokumente systematisch zur Verfügung stellen. Hierzu zählen etwa Antragsskizzen, Informationen zu allen und nicht nur zu den letztendlich geförderten Antragstellern sowie die Vorbereitungsdokumente und Protokolle der Auswahl- und Fördergremien.
- Die Datenlabore in den Ministerien sollten zu Forschungsdatenzentren weiterentwickelt werden, in denen die Daten aller Fördermaßnahmen der F&I-Politik gesammelt, aufbereitet und für die Forschung vorgehalten werden.¹¹³ Ressortübergreifend sollten einheitliche Definitionen und, soweit möglich, Indikatoren entwickelt und genutzt werden, um die Vergleichbarkeit der Daten über verschiedene Maßnahmen hinweg zu gewährleisten.

- Für Evaluationsstudien sind Daten, die ohnehin administrativ erhoben werden, oft von hoher Bedeutung. Der Zugang zu diesen Daten zu Zwecken der Evaluation von Politikmaßnahmen sollte niedrigschwellig geregelt und umfassend, d. h. auch auf Ebenen geringerer Datenaggregation, ermöglicht werden.¹¹⁴

B

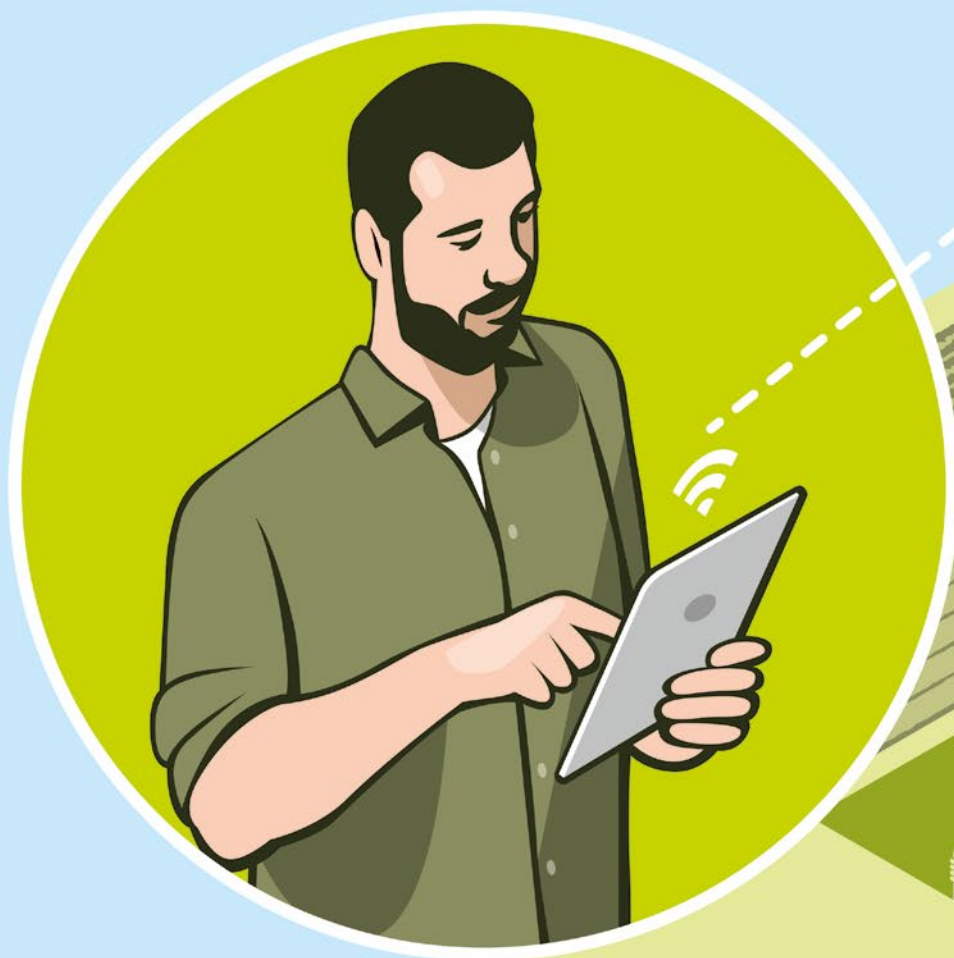
KERNTHEMEN 2024

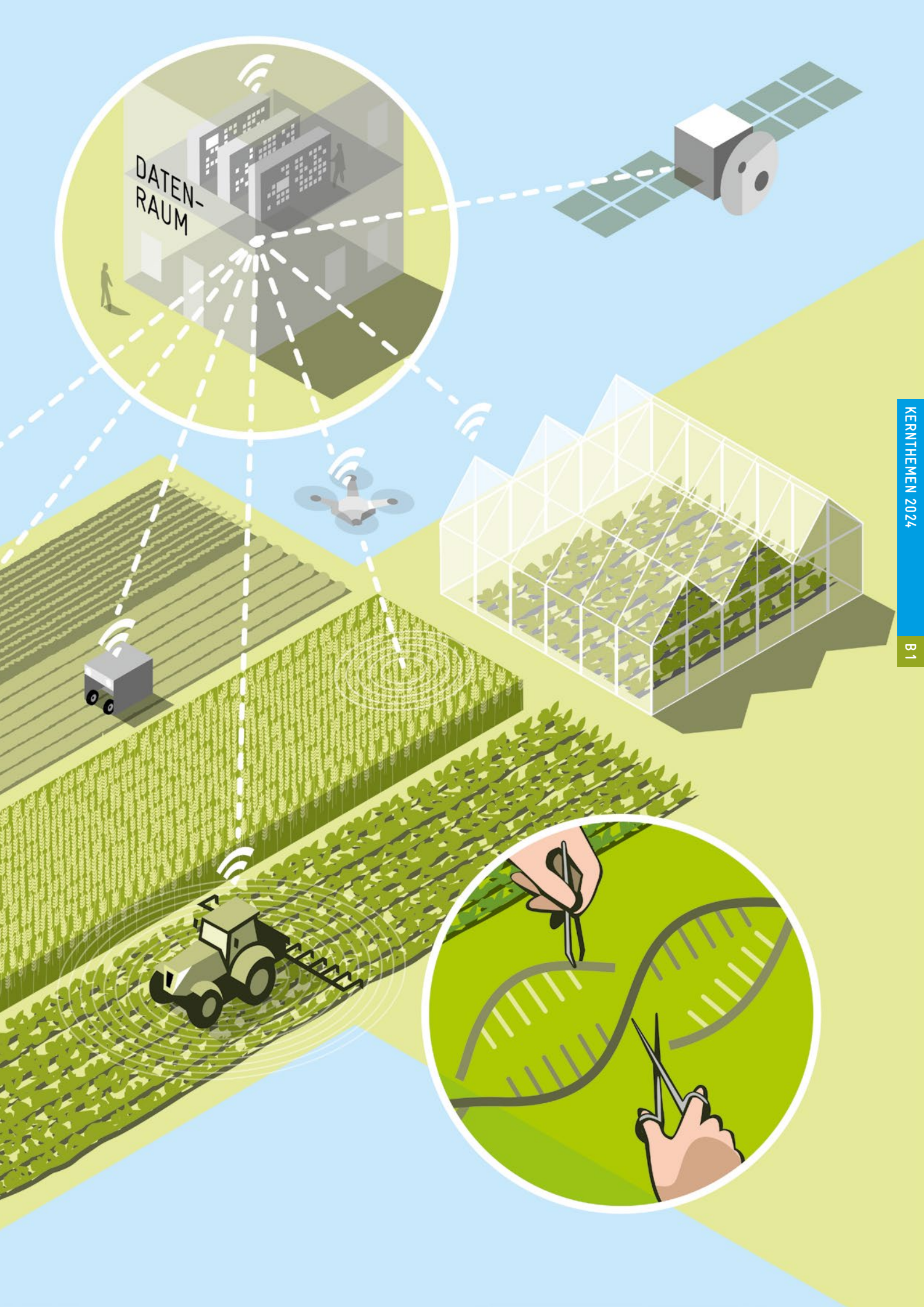


B 1 Neue Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft



[Download der
Abbildung
und Daten](#)





B 1 Neue Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft

Die Landwirtschaft steht weltweit vor großen Herausforderungen. Die im Rahmen der Agenda 2030 der Vereinten Nationen formulierten Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) fordern einerseits die Bekämpfung des Hungers, andererseits einen nachhaltigen Umgang mit der natürlichen Umwelt, den Erhalt der Biodiversität und die Bekämpfung des Klimawandels. Die Landwirtschaft, die selbst vom Klimawandel betroffen ist, muss tendenziell größere Mengen an Nahrungsmitteln mit weniger umweltbelastenden Betriebsmitteln wie Pflanzenschutz- und Düngemitteln bei gleichzeitig schrumpfenden Flächen produzieren.¹¹⁵ Um diesen Spagat zu meistern, ist eine umfassende Transformation des Agrarsystems – und sicherlich auch eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten – notwendig. Auch im Pflanzenbau, auf den sich dieses Kapitel konzentriert, ist ein umfassender technologischer Wandel erforderlich.¹¹⁶ Chancen bieten hierbei der Einsatz digitaler und smarterer Technologien, insbesondere ressourcenschonender Präzisionstechnologien, aber auch Verfahren der Grünen Gentechnik, die die Züchtung von klimaresistenteren und gleichzeitig nährstoffreicheren Pflanzen ermöglichen.

Der Einsatz dieser neuen Technologien wird allerdings noch durch zahlreiche Hemmnisse eingeschränkt. In Bezug auf digitale und smarte Technologien mangelt es an digitaler Infrastruktur und Interoperabilität zwischen Hardware und digitalen Anwendungen. Für den Einsatz ressourcenschonender Präzisionstechnologien fehlen bislang Anreize, umweltbelastende Inputfaktoren zu reduzieren. Aber auch die Züchtung neuer Nutzpflanzen mit Hilfe der Gentechnik stößt in Europa und in Deutschland auf zahlreiche Hürden bei den rechtlichen Rahmenbedingungen und der Akzeptanz.

Die Expertenkommission fordert daher die Bundesregierung und insbesondere das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) sowie das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) auf, zum einen, stärkere Anreize für den Einsatz digitaler und smarterer Agrartechnologien zu setzen und die dafür erforderlichen Infrastrukturprobleme zu lösen, und zum anderen, den Vorschlag der EU-Kommission zur Reform der verfahrensbasierten Regelungen für den Einsatz neuer Züchtungstechniken aktiv zu unterstützen. Langfristig sollte die verfahrensbasierte Regulierung auf eine Regulierung der Eigenschaften der gezüchteten Pflanzen umgestellt werden.

B 1-1 Herausforderungen für die Landwirtschaft

Bevölkerungswachstum, Klimawandel, der Rückgang der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen sowie die durch die Landwirtschaft selbst verursachten negativen Effekte auf die Umwelt wie Biodiversitätsverlust und Grundwasserbelastung stellen die Landwirtschaft vor große Herausforderungen.

Ernährungssicherung als Herausforderung für Landwirtschaft

Die Vereinten Nationen haben in den SDGs u. a. das Ziel formuliert, bis 2030 alle Formen von Hunger und Unterernährung zu beseitigen. Dieses Ziel soll erreicht werden, indem Produktion und Produktivität in der Landwirtschaft gesteigert werden, die Anpassung an den Klimawandel erfolgt und gleichzeitig die Anbaumethoden nachhaltiger werden, um

die natürlichen Ökosysteme zu schützen und die Bodenqualität zu erhalten.¹¹⁷ Die Herausforderung besteht also darin, die bestehenden intensiven landwirtschaftlichen Praktiken in nachhaltigere Wirtschaftsformen zu transformieren und gleichzeitig die Deckung des Bedarfs an Nahrungsmitteln¹¹⁸ bei einer wachsenden Weltbevölkerung¹¹⁹ sicherzustellen.

Klimawandel als Herausforderung für Landwirtschaft

Extreme Wetterereignisse haben in Deutschland in den letzten 20 bis 30 Jahren stark zugenommen.¹²⁰ Dieser Trend wird sich nach den Prognosen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in Mittel- und Westeuropa in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit fortsetzen. Die größten klimabedingten Herausforderungen für die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland sind die Zunahme der Winterniederschläge mit erhöhter Erosionsgefahr und Nährstoffauswaschung sowie die Zunahme von Trockenperioden während der Hauptwachstumsphase.¹²¹ Dabei wirken sich die Klimaveränderungen regional und über die Vegetationsperioden hinweg unterschiedlich auf verschiedene Kulturpflanzen aus.¹²² Ebenso beeinflusst der Klimawandel die Lebensbedingungen von Schadorganismen, die indirekt die landwirtschaftliche Produktion beeinträchtigen.¹²³ Die Folgen sind Qualitäts- und Ertrags-einbußen bei landwirtschaftlichen Produkten.¹²⁴

Landwirtschaft als Verursacher von Klima- und Umweltschäden

Die Landwirtschaft ist nicht nur vom Klimawandel betroffen, sondern trägt durch Emissionen – insbesondere von Methan und Lachgas –, aber auch durch Landnutzungsänderungen – insbesondere durch die

Umwandlung von Wäldern und Mooren in landwirtschaftliche Nutzflächen – erheblich zum Klimawandel bei. Darüber hinaus hat die Landwirtschaft durch die Zufuhr von Nährstoffen und die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln negative Auswirkungen auf Grund- und Oberflächenwasser sowie auf angrenzende natürliche Ökosysteme, insbesondere auf deren biologische Vielfalt.¹²⁵ Eine reiche Biodiversität spielt für die Resilienz der Agrarökosysteme und für die Produktivität der Böden eine wichtige Rolle. Sie fördert ein optimales Zusammenspiel der Prozesse in der Natur,¹²⁶ was sich wiederum positiv auf die landwirtschaftliche Produktion auswirkt.¹²⁷

Schließlich stellt die Entnahme von Grund- und Oberflächenwasser zu Bewässerungszwecken in vielen Teilen der Welt ein erhebliches Problem dar. Auch wenn die Landwirtschaft in Deutschland bei der Wasserentnahme bisher eine untergeordnete Rolle spielt, kann sich dies aufgrund längerer Trockenperioden in Zukunft ändern.¹²⁸ In weiten Teilen Deutschlands sind die Grundwasservorkommen bereits heute in einem kritischen Zustand.¹²⁹

Um den Herausforderungen des Klimawandels und des Biodiversitätsverlusts begegnen zu können und die Ernährungssicherung zu gewährleisten, ist ein umfassender technologischer Wandel in der Landwirtschaft erforderlich. Digitale und smarte Technologien, insbesondere ressourcenschonende Präzisionstechnologien, sowie Verfahren der Grünen Gentechnik zur Züchtung klimaresistenter Pflanzen mit verbesserter Schaderreger-Resistenz und verbesserter Nährstoffaufnahme bieten neue Lösungsansätze. Inwieweit die Potenziale dieser Technologien ausgeschöpft werden können, hängt jedoch nicht zuletzt von den Anreizen, Kompetenzen und Rahmenbedingungen im landwirtschaftlichen Sektor ab.¹³⁰

Box B 1-1 Deutscher Agrarsektor

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) des Agrarsektors betrug im Jahr 2021 circa 28,9 Milliarden Euro, was einem Anteil von 0,8 Prozent am gesamten deutschen BIP entsprach.¹³¹ Im Jahr 2020 waren 937.900 Personen in landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt.¹³² Dies entsprach ca. 2 Prozent der Erwerbstätigen in Deutschland.¹³³ Rund 50,5 Prozent der Gesamtfläche in Deutschland werden landwirtschaftlich genutzt, davon 70,3 Prozent

als Ackerland.¹³⁴ Die Landwirtschaft war im Jahr 2022 für 7,4 Prozent der Treibhausgase verantwortlich.¹³⁵

Der öffentliche Beitrag zur Finanzierung der Landwirtschaft in Deutschland wird im Wesentlichen über die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union (EU) geleistet. So sieht der deutsche GAP-Strategieplan 2023-2027 u.a. Mittel in Höhe von 12,8 Milliarden Euro für Einkommensgrundstützungen und 8,7 Milliarden Euro für weitere Direktzahlungen vor.¹³⁶

B 1-2 Digitale und smarte Technologien in der Landwirtschaft

Im folgenden Abschnitt werden digitale und smarte Technologien und ihre Potenziale für die Transformation der Landwirtschaft betrachtet. Darüber hinaus werden Hemmnisse aufgezeigt, die einem breiten Einsatz derzeit noch entgegenstehen. Digitale und smarte Technologien umfassen digitale Hardware und Software sowie deren Vernetzung, sodass Daten empfangen und gesendet werden können.¹³⁷ Die verschiedenen Technologien sind Bestandteile der Konzepte Präzisionslandwirtschaft und Smart Farming, die im Folgenden näher erläutert werden.

B 1-2 a Potenziale und Herausforderungen digitaler und smarterer Technologien

Präzise Bewirtschaftung von Teilflächen möglich

Präzisionslandwirtschaft ist die ortsdifferenzierte, zielgerichtete und variable Ausbringung von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln wie Saatgut, Pflanzen, Dünger, Pflanzenschutzmitteln oder Wasser. Die Menge der eingesetzten Betriebsmittel wird dabei exakt an den aktuellen spezifischen Bedarf der jeweiligen landwirtschaftlichen Teilfläche angepasst.¹³⁸ Durch Präzisionslandwirtschaft können die Ausbringungsmengen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln reduziert werden. Dadurch lassen sich Betriebskosten einsparen und gleichzeitig negative Umweltauswirkungen reduzieren.¹³⁹ Zentral für die Anwendung von Präzisionslandwirtschaft sind satellitengestützte Navigationstechnologien, die eine exakte Positionsbestimmung ermöglichen. Die über Sensoren gewonnenen Informationen können in geografischen Informationssystemen, sogenannten Ackerschlagkarteien,¹⁴⁰ verarbeitet werden. Arbeitsprozesse und Betriebsmitteleinsatz können mithilfe solcher Schlagkarteien optimiert und durch automatisierte Landmaschinen ausgeführt werden.¹⁴¹

Besseres Betriebsmanagement durch digitale und smarte Technologien möglich

Smart Farming ist weiter gefasst als Präzisionslandwirtschaft und nutzt dabei sowohl die von vernetzten Geräten im Internet der Dinge erfassten Daten als auch deren Verarbeitung mit weiteren kontextspezifischen Daten, um Landwirte und

Landwirtinnen bei betrieblichen Entscheidungen zu unterstützen oder diese zu automatisieren. Das Aufgabenspektrum reicht dabei von der automatisierten Datenerfassung über die Optimierung der Betriebsplanung bis hin zur Automatisierung der Buchhaltung.¹⁴² Die Vernetzung bei Landwirtschaft 4.0 umfasst neben den landwirtschaftlichen Betrieben auch die Hersteller von Betriebsmitteln, den Einzelhandel und die Verbraucherinnen und Verbraucher. Damit sollen Organisation und Prozesse innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette verbessert werden.¹⁴³

Einsatzmöglichkeiten für digitale und smarte Agrartechnologien vielfältig

In der Präzisionslandwirtschaft können digitale (teil-)automatisierte Landmaschinen, Roboter oder Drohnen zum Einsatz kommen. (Teil-)automatisierte Landmaschinen umfassen z. B. Traktoren mit Spurführung oder Teilbreitenschaltung zur ortsspezifischen Ausbringung von Betriebsmitteln.¹⁴⁴ Roboter sind autonom arbeitende Maschinen, die in der Lage sind, ihre Umgebung zu erfassen, über Sensoren gewonnene Informationen zu verarbeiten, Entscheidungen zu treffen und daraus geeignete Arbeitsschritte abzuleiten.¹⁴⁵ Im Vergleich zu (teil-)automatisierten Landmaschinen sind Roboter deutlich kleiner und bodenschonender. Sie befinden sich jedoch noch weitgehend im Forschungs- und Entwicklungsstadium.¹⁴⁶ Die derzeit anvisierten Einsatzgebiete reichen von der Bestimmung von Pflanzenmerkmalen und -gesundheit über Bodenbearbeitung, Unkrautbekämpfung und Pflegearbeiten im Obstbau bis zu Aussaat und Ernteeinsatz.¹⁴⁷ Drohnen, als Teil der Fernerkundung,¹⁴⁸ sind von Menschen gesteuerte oder teilautonome Fluggeräte, die mit Hilfe von Sensoren Pflanzenwachstum, Schädlingsbefall, Bodenstruktur, Wassermangel, Erosion und Unwetterschäden überwachen. Darüber hinaus können Drohnen Betriebsmittel wie Pflanzenschutzmittel auch in unwegsames Gelände ausbringen.¹⁴⁹ Dank sinkender Kosten und vereinfachter Bedienung sowie Steuerung verbreitet sich ihr Einsatz in vereinzelt Bereichen zunehmend.¹⁵⁰

Die Funktionalität von (teil-)automatisierten Landmaschinen, Robotern und Drohnen basiert in hohem Maße auf Sensorik und Aktorik. Sensoren erfassen Informationen und wandeln sie in elektrische Signale um, die digital erfasst und verarbeitet werden können. Die Erfassung dieser Daten ermöglicht z. B. eine Unterscheidung zwischen Kultur-

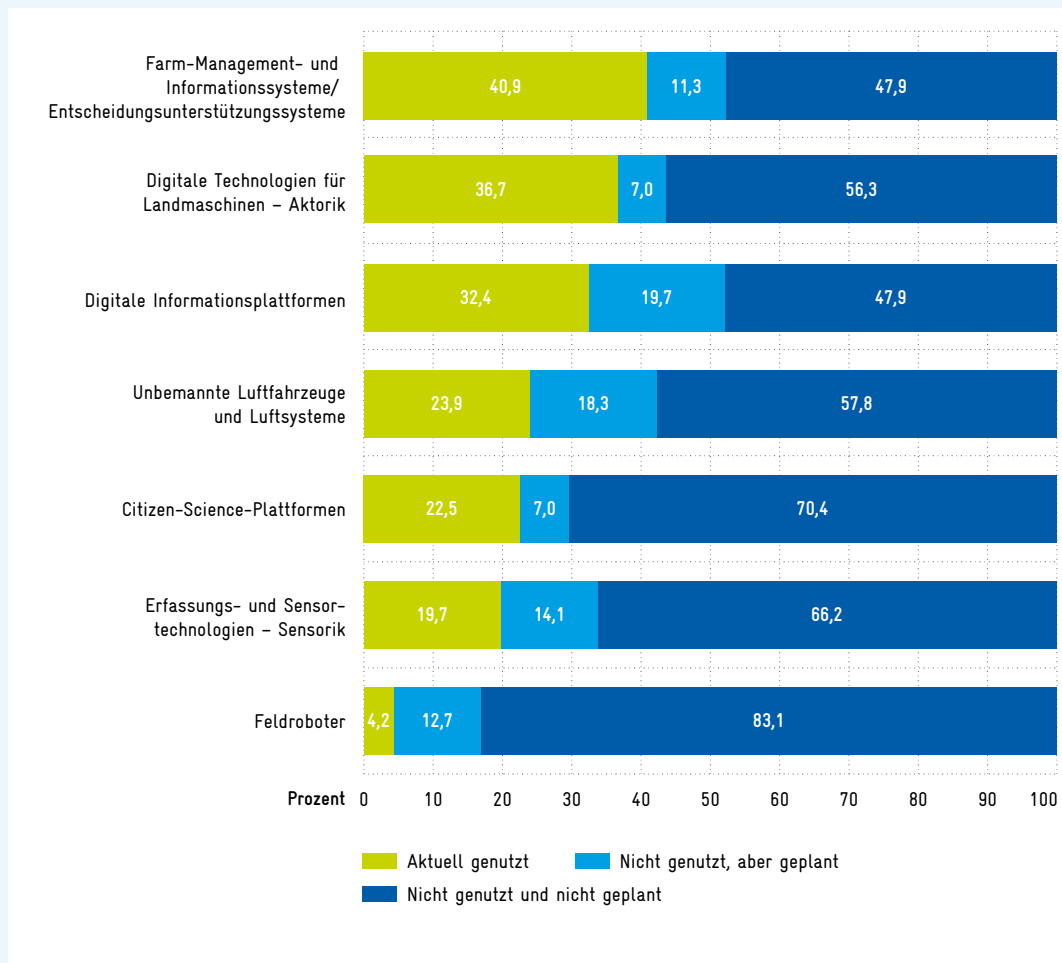
pflanzen und Unkräutern.¹⁵¹ Aktoren wie Motoren, Teilbreitenschaltung, Roboterarme oder Anzeigeelemente setzen die aufbereiteten Sensordaten in angepasste landwirtschaftliche Bearbeitung um.

Farmmanagement- und Informationssysteme (FMIS) sowie Entscheidungsunterstützungssysteme (Decision Support Systems, DSS) unterstützen landwirtschaftliche Betriebe durch automatisierte Erfassung und Verarbeitung von Daten, die eine bessere Planung, Überwachung, Dokumentation und Optimierung von Betriebsabläufen ermöglichen, z. B. durch die automatisierte Erstellung von Ackerschlagkarteien.¹⁵² Dabei werden sowohl betriebsinterne Daten als auch Daten aus externen Quellen verarbeitet und künstliche Intelligenz (KI) eingesetzt.¹⁵³

Farmmanagementsysteme weit verbreitet

In einer im Auftrag der Expertenkommission im Zeitraum von Mai bis Juni 2023 durchgeführten nicht-repräsentativen Umfrage¹⁵⁴ gaben 40,9 Prozent der teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe und Lohnunternehmen an, dass sie FMIS bzw. DSS einsetzen (vgl. Abbildung B 1-2). Mit geringem Abstand folgt der Einsatz digitaler Technologien für Landmaschinen. Digitale Informationsplattformen werden von etwa jedem dritten und Drohnen von jedem vierten befragten Betrieb eingesetzt. Während die Erfassungs- und Sensortechnologie noch bei jedem fünften Betrieb eine Rolle spielt, kommen Feldroboter bislang nur bei 4,2 Prozent der befragten Betriebe zum Einsatz. Allerdings gaben 12,7 Prozent der Befragten an, den Einsatz von Feldrobotern zu planen.¹⁵⁵

Abb. B 1-2 Nutzung digitaler und smarter Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 40,9 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe und Lohnunternehmen gaben an, derzeit Farmmanagement- und Informationssysteme bzw. Entscheidungsunterstützungssysteme zu nutzen. Ein Anteil von 11,3 Prozent der Befragten plant deren Einsatz in der Zukunft; Anzahl der Beobachtungen: 71; Fragetext: „Welche digitalen und smarten Technologien nutzen Sie für Ihre Tätigkeiten?“ Balken summieren sich durch Runden nicht immer zu 100 Prozent auf.
Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Weitere Entwicklungsarbeit bei Agrartechnologien notwendig

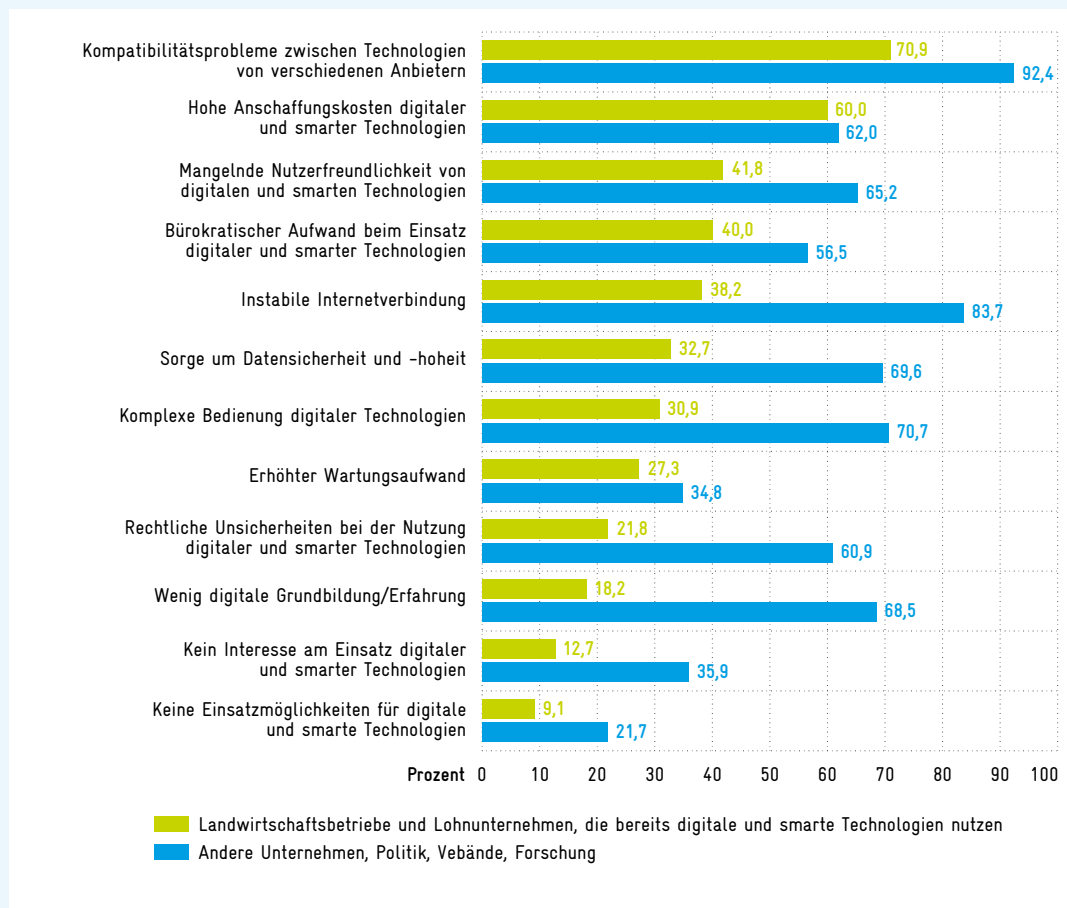
Da Präzisionstechnologien in sehr unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt werden, setzt eine korrekte Zustandserfassung und Umgebungserkennung die Kombination von Sensoren und integrierten Sensorsystemen oder die Verknüpfung von Daten verschiedener Sensoren voraus. Insbesondere für autonom agierende Systeme sind hier noch erhebliche Entwicklungsschritte notwendig. Darüber hinaus erfordert der Einsatz fortgeschrittener Anwendungen die Einbindung in das Internet der Dinge und folglich geeignete Netzwerkstrukturen für eine schnelle Datenübertragung, die in vielen ländlichen Gebieten noch unzureichend ausgebaut sind.¹⁵⁶

Bei Präzisionstechnologien stellt die Untersuchung ihrer Praxistauglichkeit einen wichtigen Entwicklungsschritt dar. Zu diesem Zweck hat das BMEL 14 „Digitale Experimentierfelder“ ins Leben gerufen.¹⁵⁷ Dabei handelt es sich um Projekte, innerhalb derer die geförderten Akteure untersuchen, wie digitale Techniken optimal zum Schutz der Umwelt, zur Steigerung des Tierwohls und der Biodiversität sowie zur Arbeitserleichterung eingesetzt werden können.¹⁵⁸ Diese Experimentierfelder bieten interessierten Anwenderinnen und Anwendern die Möglichkeit, sich über die Digitalisierung in der Landwirtschaft zu informieren. Darüber hinaus werden durch Kooperationen zwischen Landwirtschaft und Forschung die Anforderungen der Praxis bei der Entwicklung und Erprobung neuer

Abb. B 1-3 Hemmnisse für den Einsatz digitaler und smarter Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: 70,9 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe, die mindestens eine der abgefragten digitalen und smarten Technologien selbst nutzen, sehen Kompatibilitätsprobleme zwischen Technologien verschiedener Anbieter als großes oder sehr großes Hemmnis für den Einsatz digitaler und smarter Technologien. Fragetext: „Welche Faktoren erschweren oder verhindern aus Ihrer Sicht den Einsatz digitaler und smarter Technologien in der Landwirtschaft?“. Antwortmöglichkeiten: kein Hemmnis, geringes Hemmnis, großes Hemmnis, sehr großes Hemmnis. Die dargestellten Balken zeigen die Summe aus „großes Hemmnis“ und „sehr großes Hemmnis“. Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Anwendungen berücksichtigt, um einen beidseitigen Wissenstransfer zu gewährleisten.

Anreize zum Einsatz neuer Technologien für Nachhaltigkeit unerlässlich

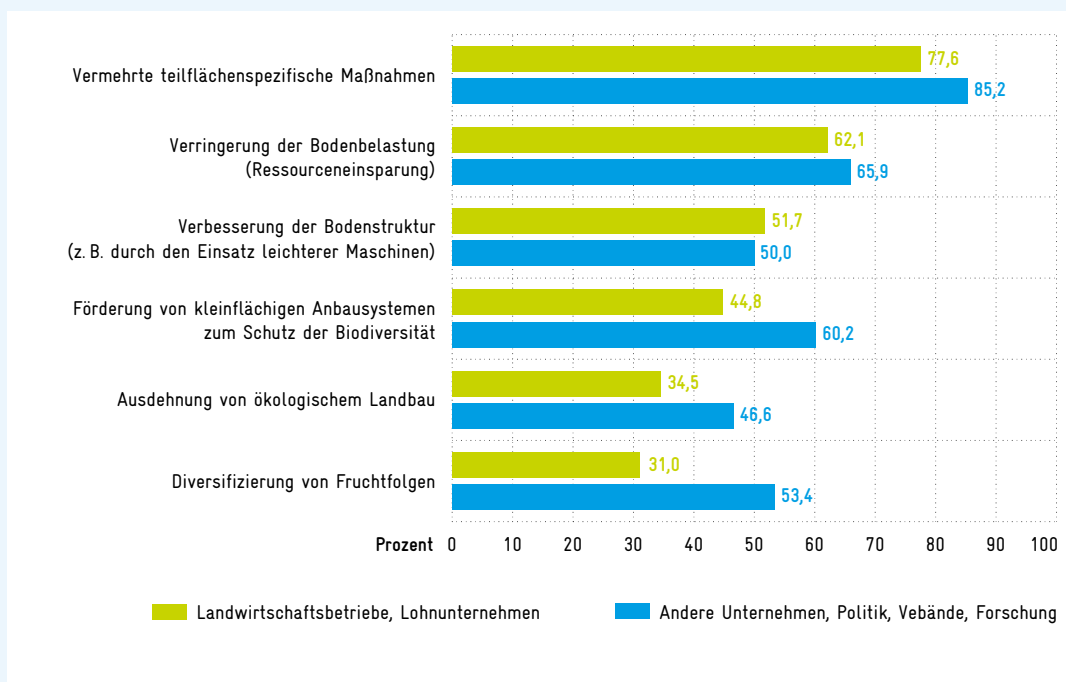
Neue digitale und smarte Technologien haben häufig noch Wettbewerbsnachteile gegenüber leistungsstarken konventionellen Landmaschinen, die für eine intensive Landwirtschaft entwickelt wurden. Dafür gibt es drei Hauptgründe: Erstens sind einige dieser Technologien, wie Roboter, in ihrer Entwicklung noch nicht ausgereift. Zweitens sind sie aufgrund der noch geringen Verbreitung und damit geringen Stückzahlen noch vergleichsweise teuer. Drittens schlagen die negativen Umweltwirkungen konventioneller landwirtschaftlicher Praktiken sich in den Produktionskosten der Betriebe nicht nieder.

Um beispielsweise Roboter und Drohnen konkurrenzfähig zu machen, müssen deren Flächenleistung, Einsatzdauer und Präzision weiter gesteigert werden. Auch eine Umstellung auf Anbaukonzepte mit deutlich differenzierter und kleinteiligerer Bearbeitung von Flächen – wie beim sogenannten Spotfarming¹⁵⁹ – würde ihre Wettbewerbsfähigkeit

erhöhen.¹⁶⁰ Allerdings sind insbesondere bei Robotern die Entwicklungskosten sehr hoch, sodass bei vergleichsweise geringen Stückzahlen hohe Anschaffungskosten für die landwirtschaftlichen Betriebe zu erwarten sind.¹⁶¹ So gaben in der oben genannten Umfrage 60,0 Prozent der Befragten, die bereits digitale und smarte Technologien einsetzen, die hohen Anschaffungskosten als (sehr) großes Hemmnis für deren Einsatz an (vgl. Abbildung B 1-3). Mangels Erfahrungen mit den neuen Technologien ist zudem der betriebswirtschaftliche Nutzen für die landwirtschaftlichen Betriebe zunächst unsicher. Mit zunehmender Verbreitung dieser neuen Technologien und damit größeren Stückzahlen werden die Anschaffungskosten jedoch aller Voraussicht nach sinken und die Technologien damit weiter an Attraktivität gewinnen.

Die Befragung im Auftrag der Expertenkommission hat auch gezeigt, dass sowohl Landwirtinnen und Landwirte als auch Vertreterinnen und Vertreter aus Politik, Verbänden, Forschung und Industrie digitalen und smarten Technologien hohe Potenziale im Bereich Nachhaltigkeit und Umweltschutz zuschreiben, insbesondere beim Schutz der Biodiversität und bei der Reduzierung der Bodenbelastung (vgl. Abbildung B 1-4). Laut einer Befragung

Abb. B 1-4 Potenziale digitaler und smarter Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 77,6 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe messen digitalen und smarten Technologien ein hohes oder sehr hohes Potenzial für die Umsetzung von mehr teilflächenspezifischen Maßnahmen bei. Fragetext: „Wie hoch schätzen Sie die Potenziale digitaler und smarter Technologien in den kommenden 10 Jahren in der Landwirtschaft für Nachhaltigkeit und Umweltschutz ein?“. Antwortmöglichkeiten: kein Potenzial, geringes Potenzial, hohes Potenzial, sehr hohes Potenzial. Die dargestellten Balken zeigen die Summe aus „hohes Potenzial“ und „sehr hohes Potenzial“.
Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

von Bitkom Research unter 500 Landwirtinnen und Landwirten in Deutschland im Jahr 2022 sind 92 Prozent der Befragten der Meinung, dass durch digitale und smarte Technologien Dünger, Pflanzenschutzmittel und andere Betriebsmittel eingespart werden können.¹⁶²

Allerdings werden die zum Teil massiven Umweltbelastungen durch die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln von den landwirtschaftlichen Betrieben in der Regel in ihrer Kostenrechnung nicht berücksichtigt. Die Anreize zum Einsatz neuer, umweltschonender Präzisionstechnologien sind daher noch zu gering.

Dies würde sich ändern, wenn der Einsatz umweltbelastender Betriebsmittel mit einer Steuer oder Abgabe belegt würde. In Dänemark ist dies bereits der Fall.¹⁶³ Der Einsatz alter, nicht nachhaltiger Agrartechnologien würde sich somit verteuern und neue (Präzisions-)Technologien würden wettbewerbsfähig werden.

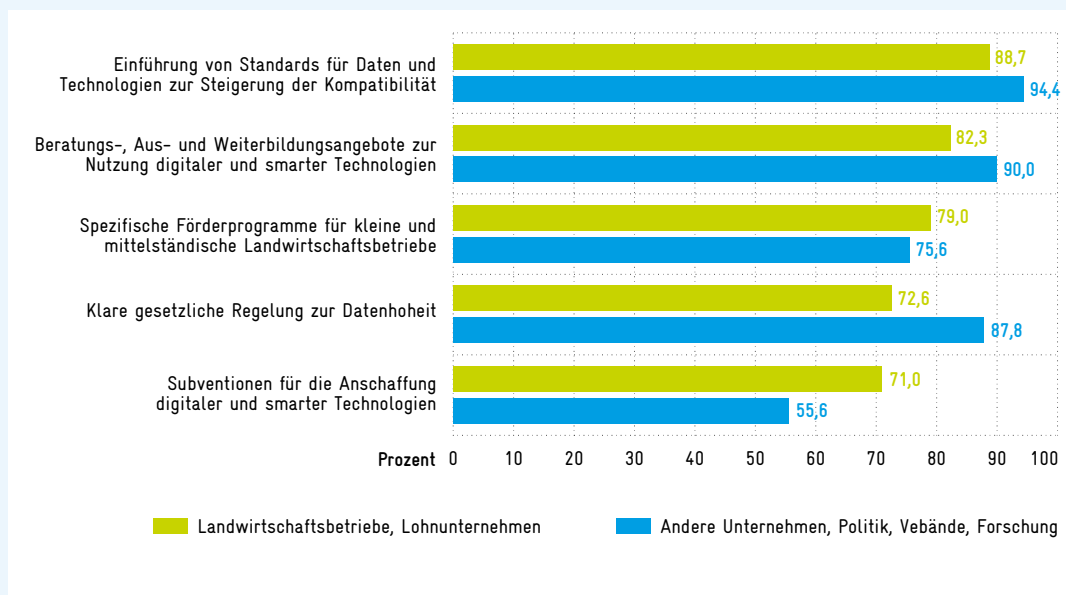
Eine Alternative wäre auch die Einführung eines Quotenhandelssystems für Dünge- und Pflanzen-

schutzmittel ähnlich dem europäischen Emissionshandel für CO₂-Zertifikate (EU-ETS). Allerdings besteht bei einem Quotenhandel für Dünge- und Pflanzenschutzmittel die Gefahr, dass einige landwirtschaftliche Betriebe große Mengen an Quoten aufkaufen. Dadurch würde sich die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln an bestimmten Standorten konzentrieren und dort zu übermäßigen Belastungen führen. Daher ist eine Steuer oder Abgabe einem Quotenhandel vorzuziehen.

Neue Kompetenzen im Umgang mit digitalen und smarten Technologien erforderlich

Präzisionslandwirtschaft und Smart Farming erfordern auch neue Fähigkeiten und Kompetenzen der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte.¹⁶⁴ Von den im Auftrag der Expertenkommission Befragten, die digitale und smarte Technologien einsetzen, gaben mehr als 80,0 Prozent an, dass Beratungs-, Aus- und Weiterbildungsangebote den Einsatz solcher Technologien erleichtern würden (vgl. Abbildung B 1-5).¹⁶⁵ So erfordert der Einsatz bestimmter Sensoren die Kompetenz, spezielle Kalibrierungen vorzunehmen, während komplexe FMIS und DSS

Abb. B 1-5 Maßnahmen zur Erleichterung des Einsatzes digitaler und smarterer Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 88,7 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe halten die Einführung von Standards für Daten und Technologien zur Erhöhung der Kompatibilität für eine wichtige oder sehr wichtige Maßnahme, um den Einsatz digitaler und smarterer Technologien in Landwirtschaftsbetrieben zu ermöglichen. Fragetext: „Für wie wichtig erachten Sie die folgenden Maßnahmen, um den (vermehrten) Einsatz digitaler und smarterer Technologien in landwirtschaftlichen Betrieben zu ermöglichen?“. Antwortmöglichkeiten: unwichtig, eher unwichtig, eher wichtig, sehr wichtig. Die dargestellten Balken zeigen die Summe aus „eher wichtig“ und „sehr wichtig“. Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

ausreichende Fähigkeiten im Umgang mit Daten und Software voraussetzen. In der Befragung nannten 31,0 Prozent der landwirtschaftlichen Betriebe die hohe Komplexität der Bedienung digitaler Technologien als (sehr) großes Hemmnis für deren Einsatz (vgl. Abbildung B 1-3).

Kompatibilität zwischen Systemen unzureichend

Voraussetzung für den kombinierten Einsatz digitaler und smarter Technologien ist der Austausch von Daten. Er erfordert geeignete Schnittstellen und Datenstandards, die derzeit nur eingeschränkt vorhanden sind. Daher bestehen beim Datenaustausch zwischen Produkten verschiedener Hersteller wie einzelnen Sensoren, Robotern, Drohnen und FMIS sowie zwischen verschiedenen FMIS noch erhebliche Kompatibilitätsprobleme. Dies verstärkt die Bindung der Landwirtinnen und Landwirte an einen Anbieter. In der im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Umfrage gaben 70,9 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe,

die bereits digitale und smarte Technologien einsetzen, an, dass solche Kompatibilitätsprobleme ein (sehr) großes Hemmnis darstellen (vgl. Abbildung B 1-3). Zudem stellt die fehlende Verfügbarkeit von Agrardaten häufig ein weiteres Hemmnis dar. In der Umfrage von Bitkom Research unter 500 Landwirtinnen und Landwirten in Deutschland im Jahr 2022 halten 56 Prozent der Befragten politische Maßnahmen zum Aufbau einer zentralen Agrarplattform für das betriebliche Datenmanagement für (sehr) wichtig. Sogar 95 Prozent der Befragten sehen anwenderfreundliche und kostenfreie Geo-, Betriebsmittel- und Wetterdaten als (sehr) wichtig an.¹⁶⁶

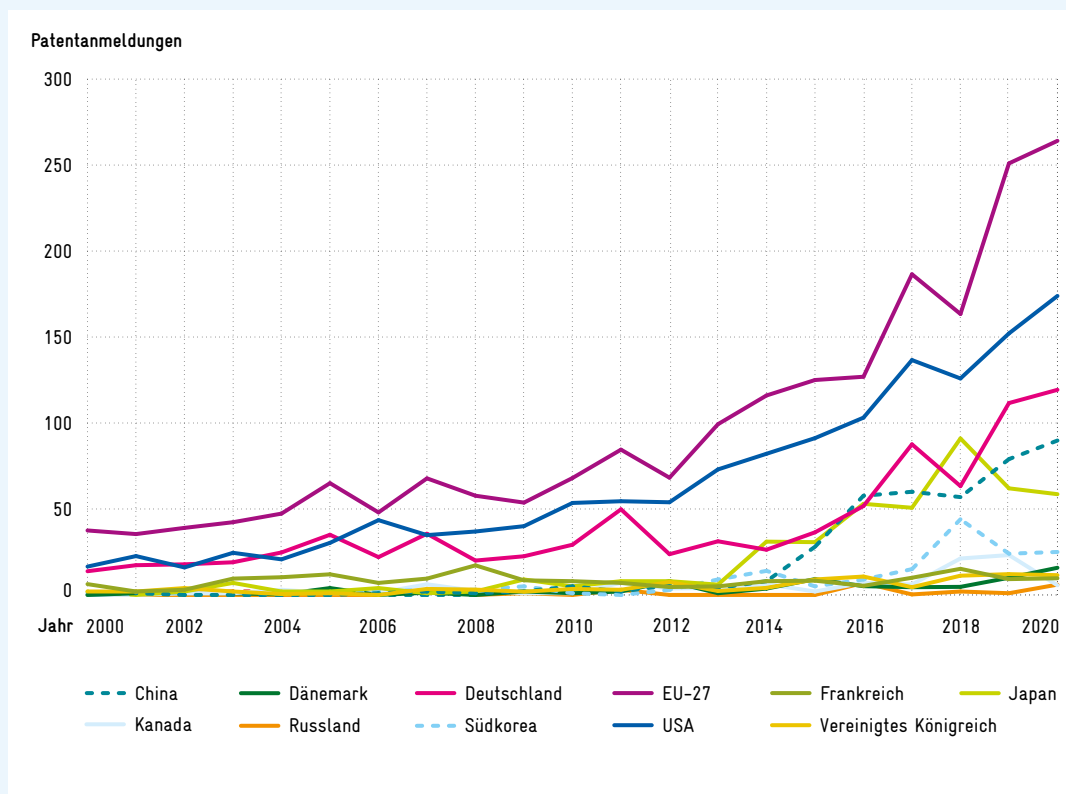
Praxisorientierter Rechtsrahmen notwendig

Um Vorbehalte bei Landwirtinnen und Landwirten gegen den Einsatz von autonomen Fahrzeugen wie Robotern, Drohnen und autonomen Landmaschinen abzubauen und Investitionssicherheit zu schaffen, ist ein transparenter und breit kommunizierter Rechtsrahmen¹⁶⁷ für den Einsatz solcher Maschinen notwendig. Das 2021 in Kraft getretene

Abb. B 1-6 Transnationale Patentanmeldungen von digitalen und smarten Agrartechnologien in ausgewählten Ländern und Regionen 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Gesetz zum autonomen Fahren ist hier ein wichtiger erster Schritt. Einige Drohnenanwendungen erfordern den Einsatz größerer Geräte,¹⁶⁸ die in der Lage sind, Material wie z. B. Pflanzenschutzmittel abzuwerfen. Darüber hinaus verlangen großflächige Drohneneinsätze auch Flüge außerhalb der Sichtweite. Für solche Einsätze sind aufwendige Genehmigungen der zuständigen Behörden oder der Flugsicherheitsbehörde (European Aviation Safety Agency) notwendig.¹⁶⁹

Der Austausch und die Verarbeitung einer breiten, auch betriebsinternen Datenbasis ist eine notwendige Voraussetzung für den Einsatz von Präzisions- und Smart-Farming-Technologien. Jedoch hemmen Vorbehalte hinsichtlich der Datensicherheit und Datenhoheit bei betriebsinternen Prozessen den Einsatz von FMIS, was sich auch in den Umfrageergebnissen widerspiegelt (vgl. Abbildung B 1-3). Der im Januar 2024 in Kraft getretene Data Act zielt u. a. darauf ab, die hier bestehenden offenen Rechtsfragen zu adressieren und damit bestehende Vorbehalte abzubauen.¹⁷⁰

B 1-2 b Internationaler Vergleich bei der Entwicklung digitaler und smarterer Agrartechnologien

Bei der Anmeldung transnationaler Patente¹⁷¹ im Bereich digitaler und smarterer Agrartechnologien ist im Betrachtungszeitraum 2000 bis 2020 ein Anstieg zu beobachten (vgl. Abbildung B 1-6). Im selben Zeitraum ist auch der Anteil dieser Patente an allen Agrarpatenten kontinuierlich gestiegen – in der EU und Deutschland von 5,0 Prozent bzw. 3,5 Prozent im Jahr 2000 auf jeweils über 15 Prozent im Jahr 2020. Das spiegelt die zunehmende Bedeutung dieser Technologien im Agrarbereich wider. Über den gesamten Zeitraum sind mehr Patentanmeldungen aus der EU als aus den USA zu verzeichnen.

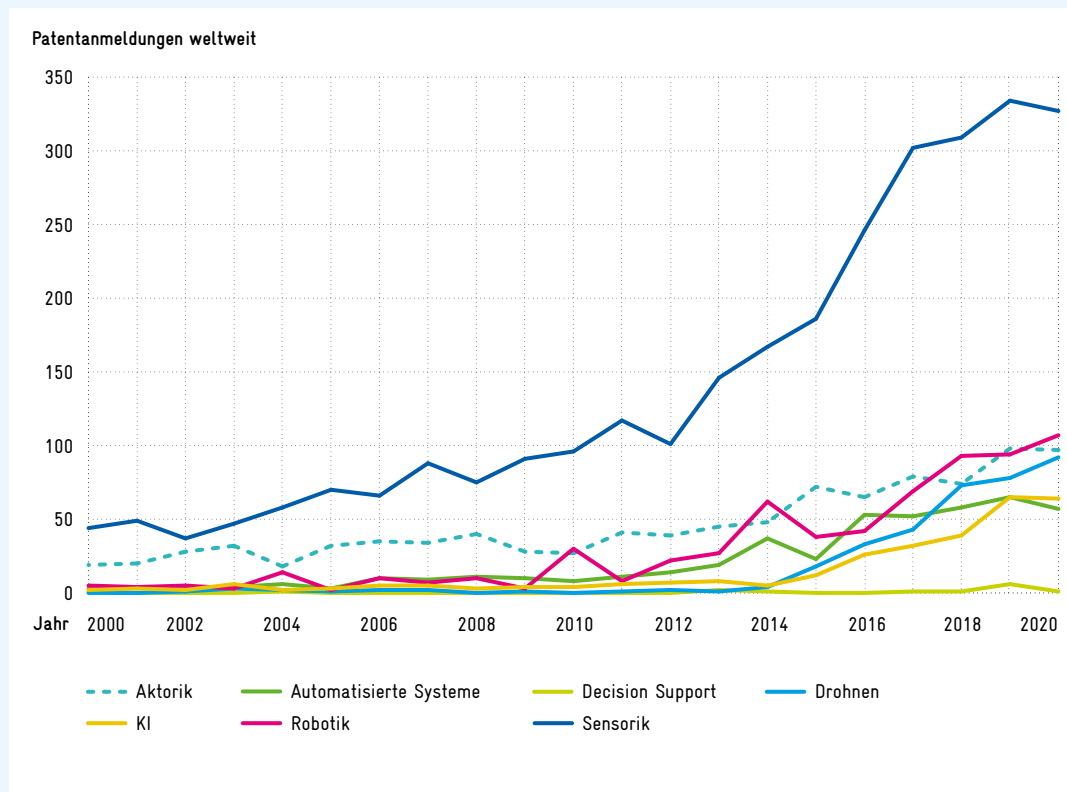
Europa bei Aktorik, Sensorik und Robotik führend

Die Patentanmeldungen können nach den Bereichen Sensorik, Robotik, Aktorik, Drohnen, KI, Decision Support und Automatisierte Systeme

Abb. B 1-7 Transnationale Patentanmeldungen von digitalen und smarten Agrartechnologien weltweit nach Technologiebereichen 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)

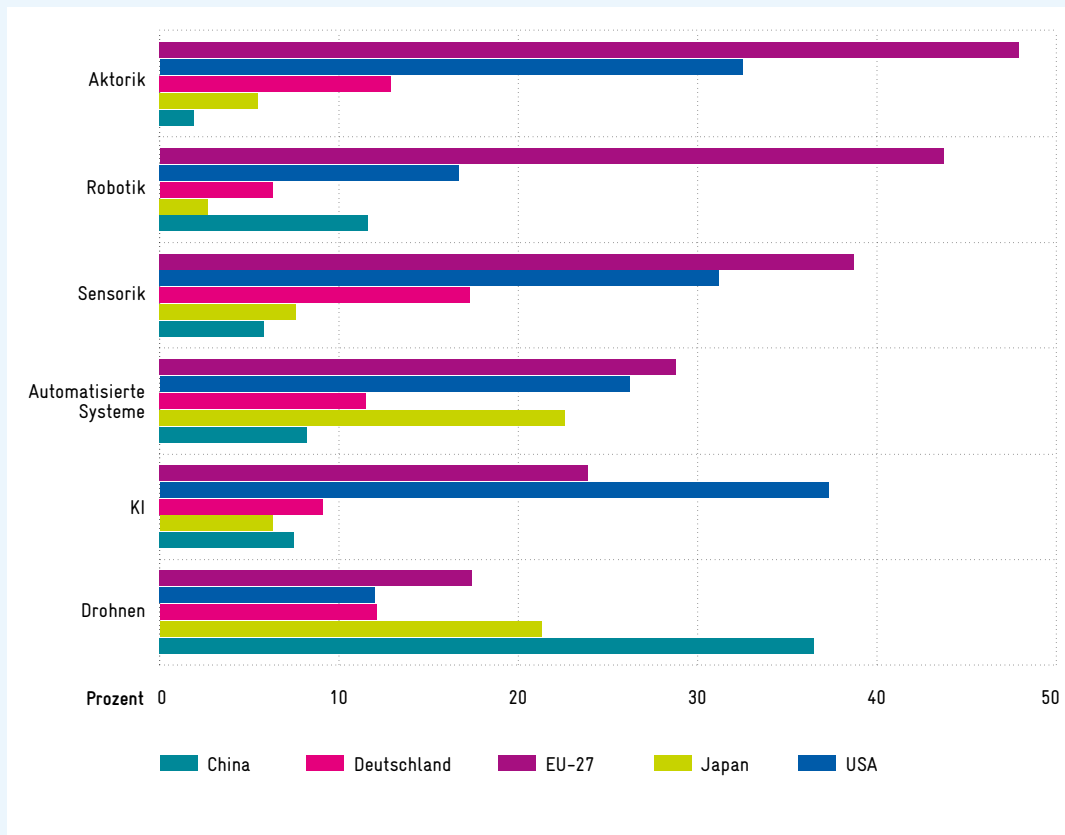


Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Abb. B 1-8 Anteile ausgewählter Länder und Regionen an transnationalen Patentanmeldungen weltweit nach Technologiebereichen in Prozent 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

unterschieden werden.¹⁷² Den größten Anteil machen die Patentanmeldungen im Bereich Sensorik aus, deren Zahl seit 2012 deutlich stärker als in den Jahren davor gestiegen ist (vgl. Abbildung B 1-7). In den anderen Bereichen liegen die Patentanmeldungen zwar auf einem deutlich niedrigeren Niveau, haben sich jedoch zwischen 2015 und 2020 weltweit mehr als verdoppelt.

In den Bereichen Aktorik, Robotik und Sensorik stammen die meisten Patentanmeldungen aus der EU (vgl. Abbildung B 1-8). Patentanmeldungen aus China dominieren bei den Drohnen. Im Bereich KI kommen die meisten Patentanmeldungen aus den USA.

B 1-3 Grüne Gentechnik in der Landwirtschaft

Neben digitalen und smarten Technologien kann auch die Grüne Gentechnik einen Beitrag zur Lösung der Herausforderungen in der Landwirtschaft leisten. Im Folgenden werden die Verfahren der Grünen Gentechnik, ihre Potenziale und Risiken sowie die Forschungsaktivitäten im Bereich der Genomeditierung dargestellt.

B 1-3 a Verfahren, Regulierung und Anwendung der Grünen Gentechnik

Bei der Grünen Gentechnik wird das genetische Material einer Pflanze so verändert, dass neue Eigenschaften entstehen. Die möglichen Veränderungen reichen dabei von der Veränderung einzelner Basen bis hin zum Einbau längerer Gensequenzen in das pflanzliche Genom. Bei der Veränderung von

Abb. B 1-9 Darstellung der Modifikationen und Verfahren Grüner Gentechnik und ihrer derzeitigen Regulierung

Verfahren	Modifikation	Mutagenese	Cisgenese	Intragenese	Transgenese
Genomeditierung		gezielte Mutagenese			
Klassische Gentechnik					
Ungezielte Mutagenese					

Rot bedeutet, dass die Pflanzen aus diesem Verfahren unter die strengen Regelungen des Gentechnikgesetzes fallen, d.h. sie unterliegen der Kennzeichnungspflicht als gentechnisch veränderter Organismus (GVO), sie unterliegen der Risikobewertung und die Pflanzen sind im ökologischen Landbau nicht zugelassen.

Grün bedeutet, dass die Pflanzen aus diesem Verfahren nicht unter die strengen Regelungen des Gentechnikgesetzes fallen, d.h. es besteht keine Kennzeichnungspflicht als GVO, die Risikobewertung entfällt und die Pflanzen sind im Ökolandbau erlaubt.

Grau bedeutet, dass diese Modifikation technisch nicht mit dem Verfahren durchgeführt werden kann.

Quelle: Eigene Darstellung.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Gensequenzen werden vier verschiedene genetische Modifikationen unterschieden: Mutagenese, Cisgenese, Intragenese und Transgenese (vgl. Abbildung B 1-9).¹⁷³ Diese Modifikationen können durch verschiedene Verfahren erzeugt werden. Im Folgenden werden die drei Verfahren Genomeditierung,¹⁷⁴ klassische Gentechnik und ungezielte Mutagenese diskutiert. Daneben gibt es weitere Verfahren der Gentechnik, wie etwa synthetische Biologie, auf die hier nicht eingegangen werden soll,¹⁷⁵ sowie Verfahren der konventionellen Pflanzenzüchtung, die keine Gentechnik einsetzen. Unter konventioneller Pflanzenzüchtung werden in diesem Gutachten in erster Linie Techniken wie Kreuzung und Selektion verstanden.¹⁷⁶

Mutagenese durch mehrere Verfahren möglich

Bei der Mutagenese wird eine Mutation auf der Grundlage des pflanzeigenen Genmaterials erzeugt, ohne dass genetisches Material in den Organismus eingebracht wird. Durch Mutagenese erzeugte Organismen können also auch durch konventionelle Pflanzenzüchtung oder auf natürlichem Wege entstanden sein.¹⁷⁷ Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Verfahren, mit denen eine Mutagenese durchgeführt werden kann: die ungezielte oder Zufallsmutagenese und die gezielte Mutagenese mittels Genomeditierung. Bei der ungezielten Mutagenese wird die Gensequenz z. B. durch Chemikalien oder radioaktive Strahlung geschädigt. Bei diesem Verfahren kann die Stelle, an der die DNA¹⁷⁸ der Pflanze geschädigt wird, nicht vorab bestimmt werden, sodass Pflanzen mit einer Vielzahl von Mutationen entstehen.

Danach müssen in einem aufwendigen Verfahren diejenigen Pflanzen selektiert werden, die über die gewünschte Mutation verfügen. Bei der Genomeditierung wird die Gensequenz durch einen gezielten (Doppelstrang-)Bruch geschädigt.¹⁷⁹ Die sogenannte Genschere CRISPR¹⁸⁰ ist unter den Genomeditierungsverfahren das am häufigsten eingesetzte Verfahren. Sowohl bei der ungezielten als auch bei der gezielten Mutagenese wird die geschädigte Gensequenz durch das zelleigene System repariert, wobei Mutationen entstehen.¹⁸¹

Modifikationen mit eingebrachtem Genmaterial vielfältig

Während bei der Mutagenese kein genetisches Material in den Organismus eingebracht wird, werden bei der Cis-, Intra- und Transgenese Gensequenzen in das Genom einer Pflanze eingefügt, die sich in der Herkunft der eingefügten Sequenz unterscheiden.¹⁸² Bei der Cisgenese wird DNA aus der Pflanze selbst oder aus nahe verwandten, kreuzungskompatiblen Pflanzen verwendet. Die so erzeugten Organismen könnten auch durch konventionelle Züchtung gewonnen werden. Bei der Intragenese werden Fragmente von Gensequenzen aus der eigenen oder einer kreuzungskompatiblen Art neu kombiniert und in die Pflanze eingebracht. Diese Organismen lassen sich nicht durch konventionelle Pflanzenzüchtung erzeugen. Bei der Transgenese werden Gensequenzen artfremder Organismen in die Pflanze eingebracht. Auch solche Pflanzen entstehen nicht durch konventionelle Pflanzenzüchtung.¹⁸³

Es gibt zwei Verfahren, mit denen cisgene, intra-gene oder transgene Pflanzen erzeugt werden können: Genomeditierung und klassische Gentechnik. Bei der Genomeditierung wird an einer bestimmten Stelle ein Bruch erzeugt, und – im Gegensatz zur gezielten Mutagenese – eine Gensequenz eingefügt, die vom zelleigenen System zur Reparatur des gezielten Bruchs genutzt werden kann. Bei der klassischen Gentechnik werden Gensequenzen z. B. mit Transportbakterien oder einer Genkanone ungezielt in das Erbgut einer Pflanze eingebracht. Ort und Häufigkeit der Insertion können dabei nicht bestimmt werden.¹⁸⁴

Durch Transgenese können neuartige Eigenschaften in Pflanzen erzeugt werden. Im Gegensatz dazu sind die Möglichkeiten der Mutagenese auf die natürliche Vielfalt des Pflanzengenoms beschränkt. Zwischen diesen beiden Extremen bewegen sich cis-gene und intragene Organismen.¹⁸⁵

Genomeditierung kein vollkommener Ersatz für andere Verfahren

Verfahren der Genomeditierung haben den Vorteil, dass sie die Zeit für die Entwicklung eines modifizierten Pflanzenmerkmals um Jahre oder Jahrzehnte verkürzen können.¹⁸⁶ Da heute viele Gene und ihre Funktionen sequenziert sind, bietet die Genomeditierung die Möglichkeit, Veränderungen schneller und präziser umzusetzen als ungezielte Verfahren wie die klassische Gentechnik oder die ungezielte Mutagenese. Voraussetzung für die Nutzung des vollen Potenzials der Genomeditierung ist die Sequenzierung des Genoms einer Pflanze. Für einen Großteil der weltwirtschaftlich wichtigen Nutzpflanzen liegen Referenzgenome¹⁸⁷ vor.¹⁸⁸ Die Genomeditierung erlaubt es, die genetische Veränderung präzise vorherzusagen, und führt potenziell zu Zeit- und Kosteneinsparungen. Sie kann auch von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), wie sie für den europäischen Saatgutmarkt typisch sind, eingesetzt werden, was sich positiv auf die Produktvielfalt und den Wettbewerb auf dem Saatgutmarkt auswirken kann.

Im Gegensatz dazu werden bei der ungezielten Mutagenese sehr viele Mutationen zufällig erzeugt, was einen erheblichen Zeit- und Kostenaufwand für die Selektion der wenigen erwünschten Pflanzen zur Folge hat. Dafür ist jedoch die Kenntnis der Gensequenzen keine Voraussetzung.

Die ungezielte Mutagenese erwirkt eine Vielzahl an Veränderungen im Pflanzengenom, deren Folgen unbekannt sind. Auch bei der Genomeditierung können in seltenen Fällen Veränderungen in Nicht-Zielsequenzen stattfinden, die als Off-target-Effekte bezeichnet werden und als unerwünscht gelten. Da es sich bei der Genomeditierung jedoch um ein präziseres Verfahren handelt, treten solche unbeabsichtigten Mutationen wesentlich seltener auf als bei den ungezielten Verfahren.¹⁸⁹

Die Genomeditierung stellt ein wichtiges Werkzeug zur Erweiterung der genetischen Variation von Kulturpflanzen dar. Sie wird bereits heute weltweit in der Pflanzenzüchtung bei unterschiedlichen Kulturpflanzen eingesetzt. Allerdings können damit grundsätzlich nur wenige Gene gleichzeitig gezielt verändert werden. Viele Eigenschaften bilden sich jedoch erst durch das Zusammenwirken zahlreicher Gene. Da bisher nicht alle Pflanzenarten sequenziert wurden und weiterhin technische Schwierigkeiten bei der Verwendung von Genomeditierung für Transgenese bestehen, bleiben die Verfahren der klassischen Gentechnik, der ungezielten Mutagenese und der konventionellen Züchtung auch in Zukunft unverzichtbar.

Gentechnik in der EU strikt reguliert

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind in der EU definiert als Organismen, deren genetisches Material in einer Weise verändert wurde, wie es in der Natur durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt. Daraus folgt, dass alle Organismen, die nicht durch konventionelle Züchtung entstanden sind, als GMO gelten.¹⁹⁰

Um in der EU für den Anbau oder als Lebens- und Futtermittel zugelassen zu werden, müssen GMO aufwendige und langwierige Zulassungsverfahren durchlaufen.¹⁹¹ Diese Verfahren beinhalten eine umfangreiche Risikobewertung und Umweltverträglichkeitsprüfung. Die dafür notwendigen Daten müssen von den entwickelnden Unternehmen zur Verfügung gestellt werden und werden u. a. von der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Security Agency, EFSA) geprüft.¹⁹² Eine Zulassung als Lebens- oder Futtermittel oder zum Anbau wird auf EU-Ebene erteilt und gilt für alle Mitgliedstaaten. Bei einer Zulassung zum Anbau haben die Mitgliedstaaten dennoch die Möglichkeit, den Anbau auf ihrem Hoheitsgebiet zu

verbieten.¹⁹³ Darüber hinaus unterliegen GVO der Kennzeichnungspflicht. Als GVO gekennzeichnete Produkte dürfen im ökologischen Landbau nicht verwendet werden.¹⁹⁴

Die EU verfolgt bei der Regulierung der Gentechnik einen verfahrensbasierten Ansatz.¹⁹⁵ So gelten alle Organismen, die durch ungezielte Mutagenese, Genomeditierung oder klassische Gentechnik entstanden sind, als GVO. Allerdings werden die aus ungezielter Mutagenese entstandenen Organismen anders behandelt als Organismen aus gezielter Mutagenese, die aus Genomeditierung hervorgegangen sind. Organismen aus ungezielter Mutagenese müssen kein Zulassungsverfahren und keine Risikoprüfungen durchlaufen. Sie werden nicht als GVO gekennzeichnet und können daher auch im Ökolandbau verwendet werden.¹⁹⁶

GVO in der EU kaum angebaut

In der EU wurden 1996 die ersten beiden GVO zum Inverkehrbringen angemeldet. Derzeit sind in der EU 140 spezifische Kombinationen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen und Merkmalen zugelassen. Davon ist nur eine Kulturpflanze, der insektenresistente Mais MON810, für den Anbau zugelassen, während sich die übrigen Zulassungen auf die Verwendung importierter Futter- oder Lebensmittel beziehen.¹⁹⁷ Innerhalb der EU wird der MON810-Mais nur in Spanien und Portugal angebaut, während alle anderen Mitgliedstaaten den Anbau trotz EU-Zulassung verboten haben.¹⁹⁸ Weltweit hingegen werden GVO auf etwa 12,5 Prozent der ackerbaulichen Nutzfläche angebaut – vor allem in Argentinien, Brasilien und den USA.¹⁹⁹ Die dominierenden und kommerziell erfolgreichen Merkmalskategorien gentechnisch veränderter Pflanzen

Box B 1-10 Fallbeispiele für Produkte aus der Grünen Gentechnik

Ackerhellerkraut als Zwischenfrucht

Das US-amerikanische Start-up CoverCress hat ein optimiertes Ackerhellerkraut entwickelt, das einerseits als Winterzwischenfrucht in einer Soja-Mais-Fruchtfolge und andererseits zur Produktion von Pflanzenöl für Biokraftstoffe genutzt werden kann. Es ist damit an die regionalen Anbaubedingungen angepasst. Für die Entwicklung wurden verschiedene Verfahren angewandt – ungezielte Mutagenese, Selektion, klassische Gentechnik und auch Genomeditierung. Mit diesem Ackerhellerkraut werden Aspekte wie Bodenschutz, Bodenqualität und Agrobiodiversität berücksichtigt. Für die Entwicklung hat CoverCress seit 2013 in mehreren Finanzierungsrunden 58 Millionen US-Dollar von privaten und öffentlichen Geldgebern erhalten. Die Bayer AG ist mittlerweile größte Anteilseignerin. Ob das Ackerhellerkraut auf dem Markt erfolgreich sein wird, bleibt abzuwarten. Derzeit laufen umfangreiche Feldversuche.²⁰⁰

Sojabohne mit optimierter Fettsäurezusammensetzung

Das US-Unternehmen Calyxt hat mittels Genomeditierung eine Sojabohne mit optimierter Fettsäurezusammensetzung entwickelt, aus der ein

nährstoffreicheres und länger haltbares Öl produziert werden kann. Die zuständige US-Behörde entschied 2015, dass die Pflanze kein Zulassungsverfahren durchlaufen muss, sodass sie bereits 2018 angebaut und 2019 als Öl vermarktet werden konnte. Im Jahr 2020 wurde das Geschäft wieder eingestellt, da bereits mehrere Züchtungsunternehmen Saatgut für solche Sojaölgüten – aus konventioneller Züchtung und auch aus klassischer Gentechnik – auf dem Markt anboten und die Akzeptanz bei den Landwirten und Landwirtinnen darüber hinaus aufgrund niedriger Erträge gering war.²⁰¹

Trockenstresstoleranter Weizen

Das argentinische Unternehmen Indear hat mithilfe klassischer Gentechnik einen trockenstress- und herbizidtoleranten Weizen gezüchtet, der je nach Standort unter Trockenstress etwa 6 Prozent mehr Ertrag bringt und unter normalen Wachstumsbedingungen mit anderen Sorten vergleichbar ist. Die Kombination von Trockenstress- und Herbizidtoleranz zielt vor allem auf Märkte in Südamerika und den USA ab. Nach mehr als 15 Jahren Entwicklungszeit wurde im Jahr 2020 die Zulassung für den Anbau und als Lebensmittel in Argentinien erteilt, wobei sowohl die Entwicklung mittels ungerichteter Verfahren als auch die Zulassung langwierig waren.²⁰²

sind Herbizidtoleranz und Insektenresistenz. Diese beiden Merkmale werden derzeit vor allem durch die klassische Gentechnik entwickelt.²⁰³ Genomeditierung spielt in der Anwendung bisher noch keine große Rolle. Bislang sind nur wenige vornehmlich mit Genomeditierung erzeugte Pflanzen auf dem Markt, u. a. eine Sojabohne mit optimierter Fettsäurezusammensetzung (vgl. Box B 1-10).²⁰⁴

B 1-3 b Potenziale Grüner Gentechnik in der Landwirtschaft

Ernährungssicherung durch Grüne Gentechnik besser erreichbar

Ein wesentliches Ziel in der Pflanzenzüchtung ist es, die Erträge zu steigern bzw. unter Extremwetterereignissen und ökologischer Bewirtschaftung zu erhalten und damit die Ernährungssicherung auch bei abnehmender landwirtschaftlicher Nutzfläche zu gewährleisten. Dies kann einerseits durch höhere Ertragsleistung, aber auch durch Resistenzen gegen verschiedene Schaderreger erreicht werden.²⁰⁵ Des Weiteren können Kulturpflanzen so verändert werden, dass sie nährstoffreicher sind und damit zur Verbesserung der Ernährung beitragen.²⁰⁶ Solche Eigenschaften können mit Verfahren der Grünen Gentechnik realisiert werden.²⁰⁷

Die Entwicklung vieler Pflanzenmerkmale ist auf die Zielmärkte in den Industrieländern ausgerichtet. Kulturpflanzenarten aus Entwicklungsländern, in denen die Ernährungssicherung ein Problem ist, werden bisher nur in relativ geringem Umfang gentechnisch bearbeitet. Da die Anbaubedingungen und -praxen zwischen Ländern stark variieren, können die Produkte Grüner Gentechnik nicht überall angebaut werden, und Entwicklungsländer werden häufig von neuartigen Produkten ausgeschlossen. Hier bietet die Genomeditierung Entwicklungsländern eine Möglichkeit, selbst an der Entwicklung von Pflanzenmerkmalen zu arbeiten.²⁰⁸

Klimaanpassung durch Grüne Gentechnik erleichtert

Der Klimawandel führt in Mitteleuropa zu Stress durch Trockenheit, aber auch durch extreme Niederschläge, Verschiebung der Vegetationsperiode und Einwanderung neuer Schaderreger. Die Pflanzenzüchtung versucht, diesen Einflussfaktoren durch Veränderungen der Pflanzeigenschaften zu begegnen. Insbesondere die Gentechnik kann durch

die Entwicklung von Trockenstresstoleranzen oder Resistenzen gegen Schaderreger dazu beitragen, Pflanzen an den Klimawandel anzupassen. Da bei komplexen Merkmalen zur Klimaanpassung häufig mehrere Gene zusammenwirken und die Veränderungen aufgrund der sich schnell ändernden Bedingungen in relativ kurzer Zeit notwendig sind, bieten die Verfahren der klassischen Gentechnik und der Genomeditierung Vorteile gegenüber konventionellen Züchtungsmethoden. So gibt es neben Trockenstresstoleranz und Resistenz gegen Schaderreger auch erste Ansätze, die Keimung des Saatgutes vor der Ernte zu verhindern, um der Verschiebung der Vegetationsperiode Rechnung zu tragen, oder die Platzfestigkeit von Rapsschoten zu erhöhen, um die Ernte vor extremen Witterungseinflüssen wie Wind, Hagel und Starkregen zu schützen. Damit eröffnen sich verschiedene Möglichkeiten, Pflanzen an neue klimatische Bedingungen anzupassen. Eine weitreichende Klimaanpassung kann jedoch nur ganzheitlich im Zusammenspiel verschiedener Züchtungsverfahren sowie von Anbautechnik und Anbaumanagement erreicht werden.²⁰⁹

Biodiversität und Kulturpflanzenvielfalt durch Grüne Gentechnik unterstützt

Mit Grüner Gentechnik lassen sich die Schädlingsresistenz, Nährstoffnutzungseffizienz und Stresstoleranz von Pflanzen verbessern. Damit kann die Grüne Gentechnik den Eintrag von Pflanzenschutz- und Düngemitteln in das Ökosystem reduzieren und so zum Erhalt der Biodiversität und weiteren Zielen des Green Deal beitragen. In einer Metaanalyse wurde beispielsweise festgestellt, dass bei insektenresistenten Pflanzen die Menge der eingesetzten Pflanzenschutzmittel um 42 Prozent reduziert werden konnte.²¹⁰ Um entsprechende Produkte zu entwickeln, sind Anreize für die Industrie und geeignete Anbaukonzepte notwendig, die den Anbau solcher Produkte ermöglichen.²¹¹

Darüber hinaus können die Verfahren der Grünen Gentechnik zur Erweiterung der Kulturpflanzenvielfalt und somit zur Biodiversität beitragen. Da bisher nur wenige verschiedene Kulturpflanzenarten in der Gentechnik genutzt werden, kann die gentechnische Bearbeitung von vernachlässigten Kulturarten oder die Domestizierung von Wildpflanzen²¹² mittels Gentechnik Abhilfe schaffen. Dies kann die Landwirtschaft klimaresistenter und unabhängiger von Pflanzenschutzmitteln machen und die Agrobiodiversität fördern.²¹³

B 1-3 c Risiken Grüner Gentechnik

Es lassen sich zwei Kategorien von Risiken unterscheiden: Risiken, die mit dem Züchtungsverfahren an sich zusammenhängen, und Risiken, die mit den gezüchteten Eigenschaften der Pflanzen verbunden sind.²¹⁴ Da letztere von der konkreten Anwendung abhängen, kann kein allgemeines Risikoprofil für gentechnisch veränderte Pflanzen erstellt werden.

Keine verfahrensimmanenten Risiken bei Grüner Gentechnik festgestellt

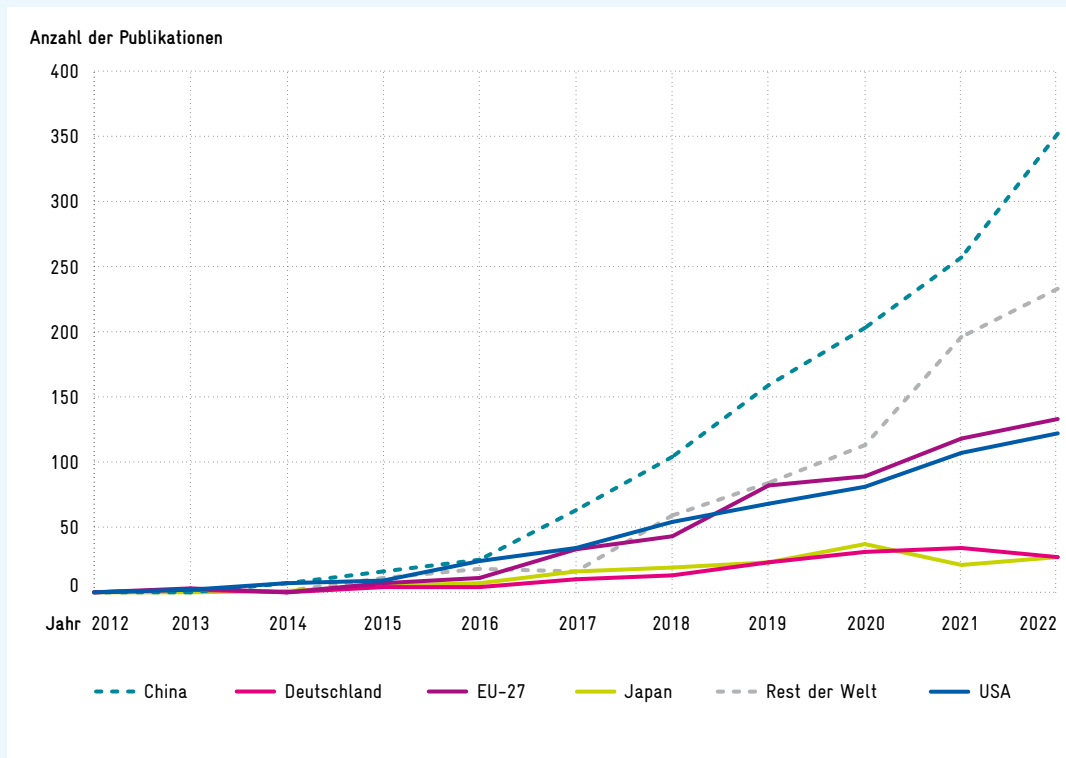
Bei der klassischen Gentechnik konnten in über 30 Jahren Forschung und Anwendung keine verfahrensinhärenten Risiken für Mensch, Tier oder Umwelt festgestellt werden.²¹⁵ Auch wenn die Genomeditierung noch nicht auf eine so lange Geschichte sicherer Anwendungen zurückblicken kann, gibt es auch hier bisher keine Hinweise auf verfahrensinhärente Risiken. Insbesondere konnte die EFSA für die gezielte Mutagenese im Vergleich zur konventionellen Züchtung und zur ungezielten Mutagenese kei-

ne neuen Risiken ausmachen.²¹⁶ Im Gegenteil: Die gezielte Mutagenese reduziert das Risiko zufälliger Mutationen deutlich. Auch bei der Cisgenese, bei der arteilene Gensequenzen eingebracht werden, sind die Risiken unabhängig vom Verfahren mit denen der konventionellen Züchtung vergleichbar.²¹⁷ Risiken, die mit den gezüchteten Eigenschaften der Pflanze verbunden sind, können daher nur im Einzelfall und unabhängig vom Verfahren bewertet werden.

Maßnahmen zur Minimierung potenzieller Risiken vielfältig

In der EU wie auch in einigen Nicht-EU-Ländern ist ein zentrales Element des Zulassungsverfahrens für GVO eine Risikobewertung.²¹⁸ Dabei werden die Umweltverträglichkeit sowie die Sicherheit für Mensch und Tier geprüft. In der Risikobewertung werden alle Pflanzenmerkmale mit potenziell unerwünschten Wirkungen analysiert und Strategien zum Umgang mit den Risiken entwickelt.²¹⁹ Darüber hinaus spielen Freilandversuche nicht nur bei der

Abb. B 1-11 Anzahl der CRISPR-Publikationen im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2022



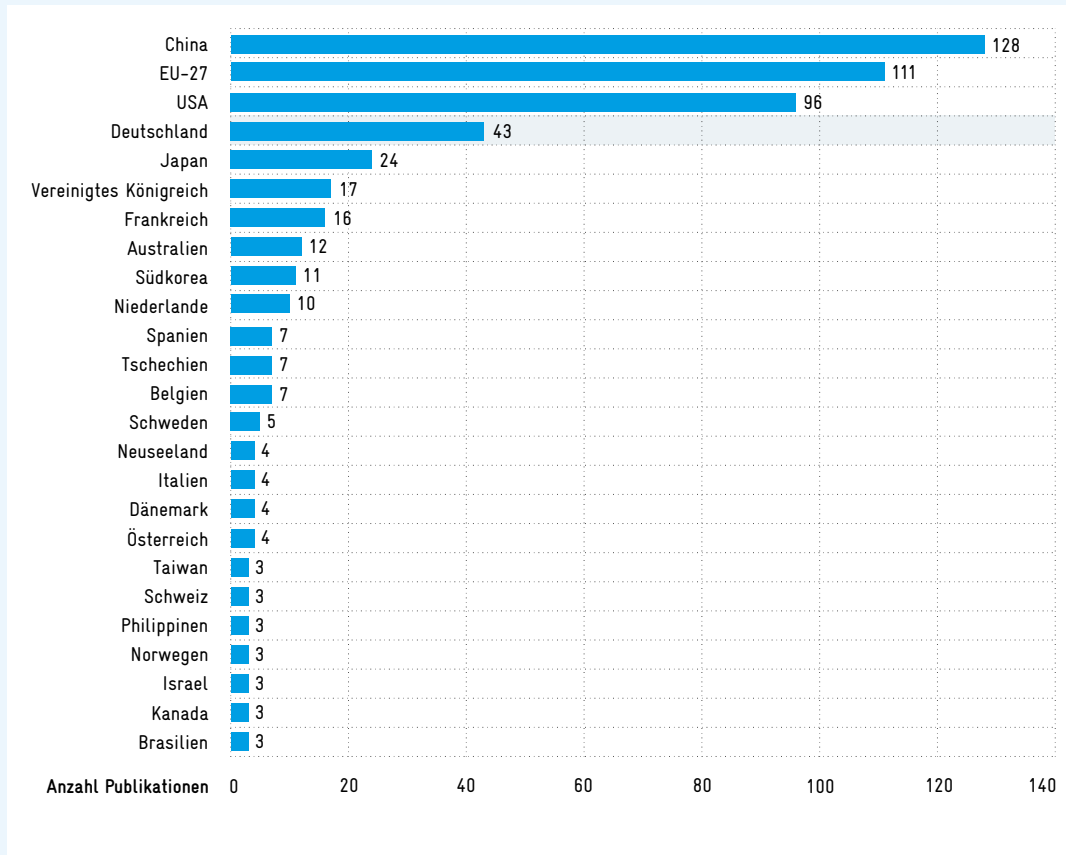
[Download der Abbildung und Daten](#)

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Abb. B 1-12 Kumulierte Anzahl der CRISPR-Publikationen im Bereich der Kulturpflanzen in Top-Journals für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2022



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: China hat im Zeitraum 2012–2022 insgesamt 128 Publikationen in den Top 10 Prozent der Journals.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Entwicklung eines Züchtungsziels, sondern auch bei der Erprobung der gezüchteten Pflanzen unter verschiedenen Umweltbedingungen eine wichtige Rolle. Auf der Grundlage dieser Daten aus dem Anbau kann die EFSA eine Empfehlung zum Risikopotenzial einer Pflanze abgeben. Solche Freilandversuche müssen in der EU genehmigt und registriert werden.²²⁰

Für den Anbau gentechnisch veränderter Organismen gelten zusätzlich spezifische Regelungen, die eine Koexistenz von Landwirtschaft ohne und mit Gentechnik ermöglichen. Dazu gehören z. B. die Regeln der guten fachlichen Praxis für den Anbau von GVO,²²¹ mit deren Hilfe der Austausch von genetischem Material zwischen gentechnisch veränderten und gentechnikfreien Pflanzen verhindert

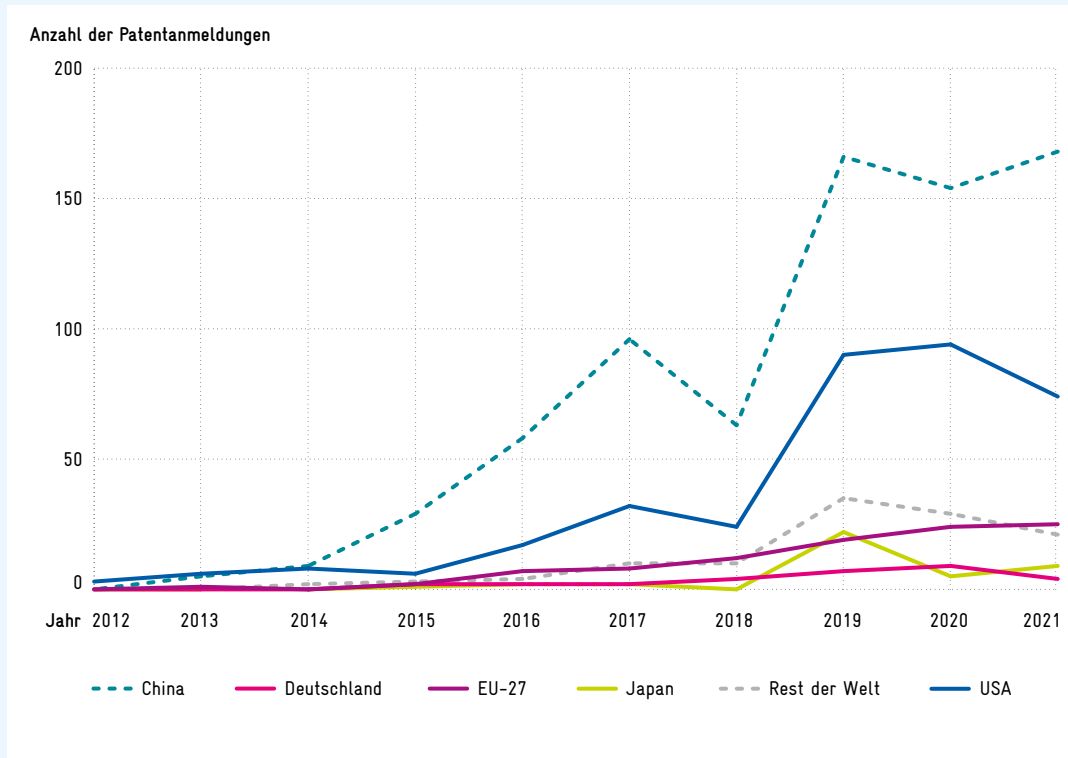
werden soll. Darüber hinaus gibt es in Deutschland ein Standortregister für den Anbau von GVO.²²²

B 1-3 d Forschungs- und Innovationsaktivität zu Genomeditierung bei Kulturpflanzen

Im Folgenden wird anhand einer Publikations- und Patentanalyse untersucht, wie sich die Forschungs- und Innovationsaktivitäten im Bereich der Kulturpflanzen bei der Bearbeitung mit CRISPR entwickelt haben und wo Deutschland und die EU im internationalen Vergleich stehen. Die Fokussierung auf CRISPR bietet sich deshalb an, weil es sich hierbei um das am meisten verwendete Verfahren²²³ der Genomeditierung handelt und die Datenlage besonders gut ist.

Abb. B 1-13 Anzahl der CRISPR-Patentfamilien im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2021

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Patentfamilien können Anmelder und Anmelderrinnen aus mehr als einem Land haben. Die Patentfamilie wird für jedes vertretene Land einmal gezählt, daher werden einige Patentfamilien doppelt gezählt.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

China bei Publikationen und USA bei großen Patentfamilien führend

In einer von der Expertenkommission beauftragten Studie zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der wissenschaftlichen CRISPR-Publikationen seit 2012 (vgl. Abbildung B 1-11).²²⁴ Diese Entwicklung wird von China dominiert. Hinsichtlich der über die Zeit kumulierten Publikationen in den Top-Journals (vgl. Abbildung B 1-12) liegen China, die EU und die USA allerdings deutlich näher beieinander.

Auch bei den CRISPR-Patentanmeldungen im Pflanzenbereich führt China deutlich vor den USA und der EU (vgl. Abbildung B 1-13). Betrachtet man jedoch die Anmeldungen der größten Patentfamilien, so zeigt sich, dass die USA hier mit mehr als doppelt so vielen Anmeldungen von Patentfamilien weit vor China liegen (vgl. Abbildung B 1-14), während die EU und insbesondere Deutschland einen deutlichen Rückstand aufweisen.

B 1-3 e Hemmnisse Grüner Gentechnik in Deutschland

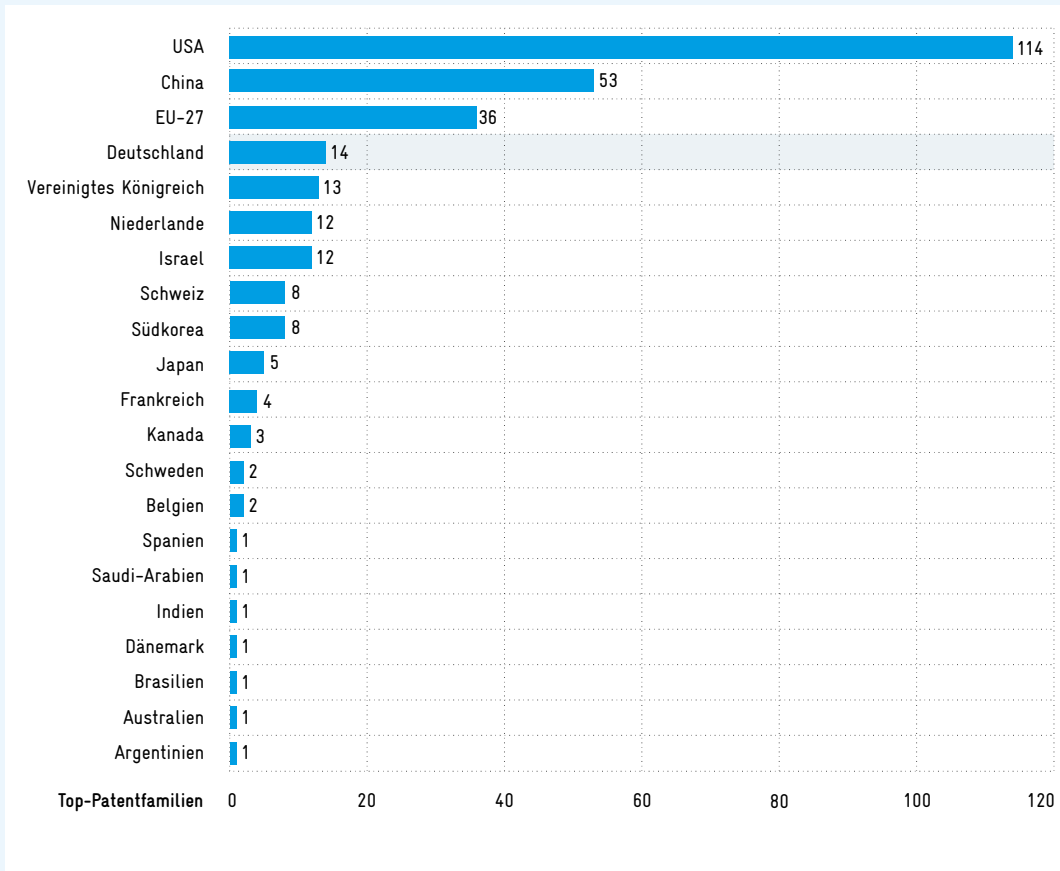
Verfahrensbasierte Regulierung nicht zeitgemäß

Die derzeitige Regulierung der Grünen Gentechnik wird den wissenschaftlichen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte nicht gerecht. Produkte der Grünen Gentechnik werden in der EU verfahrensbezogen reguliert, obwohl bisher keine verfahrensinhärenten Risiken der Grünen Gentechnik identifiziert werden konnten.²²⁵ Bei dieser verfahrensbasierten Regulierung steht das Verfahren im Vordergrund und nicht das veränderte Pflanzenmerkmal, von dem potenziell ein Risiko ausgehen kann. Seit der Entwicklung der Genomeditierung ergibt sich bei der verfahrensbasierten Regulierung ein Problem der Inkonsistenz. Denn durch die verfahrensbasierte Regulierung werden z. B. Pflanzen aus ungezielter und gezielter Mutagenese mit denselben Eigenschaften unterschiedlich reguliert.²²⁶ Während die Pflanze aus

Abb. B 1-14 Kumulierte Anzahl der größten CRISPR-Patentfamilien im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2021



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



Die größten Patentfamilien enthalten drei oder mehr Anmeldungen. Patentfamilien können Anmelder und Anmelderrinnen aus mehr als einem Land haben. Die Patentfamilie wird für jedes vertretene Land einmal gezählt, daher werden einige Patentfamilien doppelt gezählt. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

ungezielter Mutagenese kein Zulassungsverfahren mit Risikobewertung durchlaufen muss, unterliegt die gleiche Pflanze aus gezielter Mutagenese einem strengen Zulassungsverfahren und einer Kennzeichnungspflicht als GVO. Darüber hinaus können nicht alle Pflanzen, die durch gezielte Mutagenese und Cisgenese mittels Genomeditierung entstanden sind, von konventionell gezüchteten Pflanzen und Pflanzen aus ungezielter Mutagenese unterschieden werden. Das erschwert die Umsetzung der Regulierung.²²⁷ So führt die derzeitige Regulierung zu erheblicher Unsicherheit bei den Pflanzenzüchtern und kann Unternehmen, insbesondere KMU und Start-ups, davon abhalten, sich in der Forschung und Entwicklung zu engagieren.²²⁸ Einige Länder, darunter auch Agrarexporteure wie Argentinien, Australien, Kanada und die USA, haben die Zulassung von

Pflanzen, die mithilfe neuer Züchtungstechniken (NZT),²²⁹ darunter die Genomeditierung, entwickelt wurden, bereits durch Änderungen des regulatorischen Rahmens erleichtert. Dadurch wächst der Druck auf die EU, die bestehende GVO-Regulierung für solche NZT-Pflanzen anzupassen.²³⁰

Ein weiterer Kritikpunkt an der derzeitigen Regulierung sind die langwierigen und kostenintensiven Zulassungsverfahren. Diese können sich nur größere Unternehmen leisten, was eine hochkonzentrierte Marktstruktur auf dem Saatgut- und Pflanzenzüchtungsmarkt nach sich ziehen kann.²³¹ Start-ups sowie KMU werden so bei ihren Innovationstätigkeiten in diesen Bereichen stark gehemmt.²³² Zudem berücksichtigt die derzeitige Regulierung nicht, ob die gezüchteten Pflanzen einen

Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der EU leisten können, und setzt somit keine Anreize zur Entwicklung entsprechender Pflanzen.²³³

Forschung in der EU durch strikte Regulierung eingeschränkt

Die Forschung zu Gentechnik und insbesondere zu den neuen Züchtungstechniken wird in der EU durch die derzeitige Regulierung und die daraus resultierende mangelnde Anwendungsnähe eingeschränkt.²³⁴ So fanden beispielsweise in Deutschland seit 2013 keine Freilandversuche mit GVO mehr statt,²³⁵ Freilandversuche mit genomeditierten Pflanzen gab es bisher überhaupt keine. Auch werden Forschungsprojekte an europäischen Forschungseinrichtungen aufgegeben oder ins außereuropäische Ausland verlagert. Ebenso ist eine Karriere in der Agrarbiotechnologie in der EU unattraktiver geworden.²³⁶

Neue Regulierung in EU vorgeschlagen

Eine Teillösung für die genannten Hemmnisse könnte der Vorschlag der EU-Kommission zur Neuregelung von NZT-Pflanzen, die durch Mutagenese und Cisgenese entstanden sind, sein.²³⁷ Der Vorschlag umfasst nicht NZT-Pflanzen, die durch Transgenese und Intragenese erzeugt wurden. Die von dem Vorschlag erfassten NZT-Pflanzen werden in zwei Kategorien eingeteilt, die sich im Ausmaß der vorgenommenen Veränderungen unterscheiden, um unterschiedlichen Risikoprofilen Rechnung zu tragen. Die erste Kategorie umfasst Pflanzen, die auch auf natürlichem Wege oder durch konventionelle Züchtung entstehen können und in weniger als 20 Basenpaaren²³⁸ verändert wurden – sogenannte NGT-1-Pflanzen. Dazu gehören auch Pflanzen aus gezielter Mutagenese. Alle anderen von dem Vorschlag erfassten Pflanzen fallen in die zweite Kategorie (NGT-2). Nach diesem Vorschlag sind NGT-1-Pflanzen als solche zu kennzeichnen, nicht aber als GVO. Darüber hinaus sind NGT-1-Pflanzen von den Anforderungen der GVO-Regelung hinsichtlich Risikobewertung und Zulassung ausgenommen. Für Freilandversuche reicht eine einfache Anmeldung bei den nationalen Behörden.

NGT-2-Pflanzen unterliegen dagegen weiterhin den Zulassungsverfahren, Risikoprüfungen und der GVO-Kennzeichnungspflicht, die auch für Pflanzen aus der klassischen Gentechnik gelten. Je nach Risikoprofil können jedoch vereinfachte

Zulassungs- und Sicherheitsverfahren zur Anwendung kommen. Vereinfachte Zulassungsverfahren gelten darüber hinaus auch für Pflanzen, die einen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen des Green Deal leisten können.²³⁹ Die Möglichkeit der Mitgliedstaaten, den Anbau zu beschränken oder zu verbieten, wie es bei GVO möglich ist, soll für NGT-2-Pflanzen entfallen.²⁴⁰

Aber auch mit diesem neuen Vorschlag bleibt das Hemmnis bestehen, dass die Regulierung verfahrensbasiert ist. Dennoch ist der Vorschlag ein pragmatischer Ansatz, um zumindest die Regelung für Pflanzen, die durch Mutagenese und Cisgenese mittels neuer Züchtungstechniken entstanden sind, an die derzeitigen wissenschaftlichen Entwicklungen anzupassen.

Eine frühere Version des Vorschlags der EU-Kommission enthielt eine sogenannte Freiverkehrsklausel, die es den Mitgliedstaaten ausdrücklich untersagt hätte, die Freisetzung oder das Inverkehrbringen von NGT-1-Pflanzen oder verwandten Produkten zu verbieten oder zu beschränken.²⁴¹ Da diese Klausel entfiel, kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Mitgliedstaaten die Freisetzung und das Inverkehrbringen von NGT-1-Pflanzen doch beschränken und dadurch Innovationspotenziale nicht ausgeschöpft werden.

GVO von Ökolandbau ausgeschlossen

Die EU-Öko-Verordnung schließt alle als GVO gekennzeichneten Pflanzen vom Ökolandbau aus.²⁴² GVO können jedoch ebenso wie der Ökolandbau zu Nachhaltigkeitszielen des Green Deal sowie den SDGs beitragen. Synergien zwischen Ökolandbau und Grüner Gentechnik wie die Verringerung der Ertragslücke im Ökolandbau und die Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch resistente Sorten bleiben durch die gesetzlich geregelte Unvereinbarkeit ungenutzt.²⁴³

Aufgrund der Inkonsistenz der verfahrensbasierten Regulierung Grüner Gentechnik in der EU müssen Pflanzen aus ungezielter Mutagenese nicht als GVO gekennzeichnet werden, während Pflanzen mit denselben Eigenschaften aus gezielter Mutagenese einer solchen Kennzeichnungspflicht unterliegen. Dies hat zur Folge, dass Pflanzen aus ungezielter Mutagenese heute im Ökolandbau verwendet werden dürfen. Im Gegensatz dazu sind Pflanzen aus gezielter Mutagenese nicht im Ökolandbau

zugelassen. Dieses Verbot gilt gemäß dem Vorschlag der EU-Kommission auch für NGT-1-Pflanzen.

Akzeptanz von GVO in der Bevölkerung gering

Die Bevölkerung in Deutschland steht gentechnischen Veränderungen bei Kulturpflanzen skeptisch gegenüber.²⁴⁴ Auf die Frage nach möglichen Langzeitrisiken neuer gentechnischer Verfahren stimmen in einer Studie des BMUV 79 Prozent der Befragten zu, dass die Langzeitfolgen nicht abschätzbar seien. Ähnlich hoch ist die Zustimmung zu der Aussage, dass der Mensch kein Recht hat, Pflanzen und Tiere gezielt gentechnisch zu verändern.²⁴⁵ Die Studie zeigt aber auch, dass die Zustimmung zu diesen Aussagen zwischen 2019 und 2021 deutlich abnahm. Aufgrund der immer noch geringen Verbraucherakzeptanz sprechen sich verschiedene Lebensmittelhändler gegen eine Unterscheidung zwischen GVO aus klassischer Gentechnik und NZT aus und setzen auf eine gentechnikfreie Produktion.²⁴⁶

Verschiedene Studien haben aber auch gezeigt, dass die Akzeptanz gentechnisch veränderter Pflanzen von der Art und dem Ziel der Veränderung abhängt. Ist mit einer gentechnischen Veränderung ein konkreter positiver Nutzen für Verbraucher und Verbraucherinnen oder die Umwelt verbunden, ist die Akzeptanz höher. Ebenso ist die Akzeptanz bei kleineren Veränderungen durch Genomeditierung größer als bei transgenen Pflanzen. Insgesamt ist der Informationsstand der Bevölkerung in Deutschland über Gentechnik und Genomeditierung sowie über den Nutzen gentechnisch veränderter Pflanzen für die Landwirtschaft gering.²⁴⁷

Abwägung zwischen Patentrecht und Sortenschutz komplex

Den Schutz des geistigen Eigentums an Pflanzen regeln das Biopatentrecht und der Sortenschutz.²⁴⁸ Pflanzensorten sind von der Patentierbarkeit ausgeschlossen. Ihr Schutz ist im Sortenschutzgesetz geregelt. Danach kann ein Sortenschutz erteilt werden, wenn die Sorte neu ist, sich von anderen Sorten in maßgebenden Merkmalen unterscheidet, sich diese Merkmale bei der Vermehrung einheitlich ausprägen und nach jeder Vermehrung unverändert bleiben.²⁴⁹

Patentierbar sind einerseits technische Verfahren,²⁵⁰ mit denen das Genom einer Pflanze verändert werden kann, sogenannte Verfahrenspatente, anderer-

seits aber auch Pflanzen, die mithilfe solcher technischen Verfahren gezüchtet werden, sogenannte Erzeugnispatente. Die Wirkung von Verfahrens- und Erzeugnispatenten erstreckt sich auch auf die durch Vermehrung gewonnenen Nachkommen der patentierten Pflanze, wenn sie ebenfalls über die im Patent festgehaltenen Eigenschaften verfügen. Die Wirkung eines Verfahrens- oder Erzeugnispatents erstreckt sich somit auch auf die so erzeugten Sorten. Beschränkt sich die technische Ausführung einer Erfindung jedoch nur auf eine bestimmte Pflanzensorte, ist die Erfindung nicht patentierbar. Pflanzen, die im Wesentlichen mit biologischen Verfahren oder auf natürliche Weise entstanden sind, fallen nicht unter den Patentschutz.²⁵¹

Die Frage, ob gentechnisch veränderte Pflanzen patentierbar sein sollten oder ob Sortenschutz ausreicht, ist umstritten.²⁵² Für den Sortenschutz mit dem darin verankerten umfassenden Züchterprivileg spricht, dass kleine und mittlere Pflanzenzüchter gentechnisch veränderte Pflanzensorten frei zur Züchtung verwenden und weiterentwickeln können, ohne durch Lizenzgebühren für Patente belastet zu werden. Für den Patentschutz spricht, dass er die notwendigen Anreize setzen kann, in die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Züchtung bestimmter erwünschter Eigenschaften durch aufwendige gentechnische Verfahren zu investieren. Es ist somit eine Abwägung vorzunehmen zwischen dem einfachen Zugang kleiner und mittlerer Züchter zu genetischem Material und der Schaffung von Anreizen für aufwendige Forschung. Die EU-Kommission hat sich deshalb vorgenommen, bis 2026 die Auswirkung der Patentierung von Pflanzen auf den Zugang der Züchter zu genetischem Material, auf die Verfügbarkeit von Saatgut für die Landwirtschaft und auf die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Biotechnologiebranche zu evaluieren.²⁵³

B 1-4 Handlungsempfehlungen

Der Einsatz digitaler und smarterer Technologien sowie Verfahren der Grünen Gentechnik eröffnen der Landwirtschaft zahlreiche Möglichkeiten, die Produktivität zu steigern, Anbaumethoden nachhaltiger zu gestalten und die Resilienz gegenüber dem Klimawandel zu stärken. Obwohl mit digitalen und smarten Technologien negative Umweltauswirkungen deutlich reduziert werden können, haben landwirtschaftliche Betriebe derzeit noch wenig

Anreize, solche Technologien einzusetzen, da der Einsatz noch vergleichsweise teuer ist. Die Chancen der Grünen Gentechnik können wegen restriktiver gesetzlicher Regelungen sowie wegen mangelnder Akzeptanz und Informationsdefiziten bei Bevölkerung und Politik nicht ausgeschöpft werden.

Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung und insbesondere dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz sowie dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr daher folgende Maßnahmen:

Abgabe auf Pflanzenschutz- und Düngemittel als Anreizinstrument für den Einsatz neuer Technologien einführen

- Die Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sollte nach dem Vorbild Dänemarks mit einer Abgabe belegt werden. Diese Maßnahme fördert den verstärkten Einsatz digitaler und smarterer Technologien für eine nachhaltige Bewirtschaftung. Zudem schafft sie Anreize zur Züchtung von Pflanzen, die zu einem geringeren Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln führen. Die Abgabe ist in ihrer Wirkung zu evaluieren und ihr Umsetzungsdesign gegebenenfalls anzupassen.

Digitale Infrastruktur ausbauen

Um den Einsatz digitaler und smarterer Technologien zu beschleunigen, ist eine entsprechende digitale Infrastruktur erforderlich. Darüber hinaus bedarf es ausreichender Kompatibilität zwischen Systemen verschiedener Hersteller, um Abhängigkeiten von einzelnen Herstellern zu vermeiden.

- Die digitale Infrastruktur muss auch in ländlichen Regionen ausgebaut werden, um u. a. die Integration digitaler und smarterer Agrartechnologien in das Internet der Dinge zu ermöglichen.
- Die Bundesregierung sollte einen einheitlichen Datenraum für die Landwirtschaft über die Bundesländer hinweg schaffen, um Daten für den Wissensaustausch zu teilen und nutzbar zu machen sowie die Nutzung neuer Technologien zu ermöglichen.

- Die Bundesregierung sollte sich sowohl beim Deutschen Institut für Normung als auch bei der EU dafür einsetzen, dass Schnittstellenstandards für digitale Technologien weiterentwickelt werden, um so die Interoperabilität der verschiedenen Systeme sowohl bei Hardware als auch bei Software herstellerübergreifend zu gewährleisten.

Experimentierfelder sowie Aus- und Weiterbildung zu digitalen und smarten Technologien fördern

Aufgrund des bisher zögerlichen Einsatzes digitaler und smarterer Technologien bestehen Unsicherheiten sowohl hinsichtlich des betriebswirtschaftlichen als auch des ökologischen Nutzens.

- Experimentierfelder sollten verstärkt genutzt werden, um die Praxistauglichkeit neuer digitaler und smarterer Agrartechnologien und ihre Wirksamkeit im konkreten Anwendungsfall zu erproben und für potenzielle Anwenderinnen und Anwender sichtbar zu machen.
- Die Bundesregierung sollte Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Umgang mit digitalen und smarten Technologien ausbauen und finanziell unterstützen.²⁵⁴ Hierzu sind entsprechende Curricula in den Ausbildungsstätten anzupassen und zu ergänzen.

Rechtliche Rahmenbedingungen klären

Um Rechtssicherheit bei der Entwicklung und Anwendung neuer digitaler und smarterer Agrartechnologien zu gewährleisten, ist ein klarer Rechtsrahmen notwendig.

- Klare rechtliche Rahmenbedingungen und einfache Verfahren für die Genehmigung des Einsatzes von vollautomatisierten und autonomen Landmaschinen, Robotern und Drohnen sind zu entwickeln. Insbesondere sollte das Abwurfverbot in Verbindung mit Gewichtsbeschränkungen für Drohnen in der Landwirtschaft reformiert werden.
- Klare rechtliche Rahmenbedingungen im Bereich des Datenschutzes und der Datenhoheit sind zu schaffen, um die rechtssichere Nutzung digitaler und smarterer Agrartechno-

logien zu ermöglichen und unbefugte Datennutzung zu verhindern.

- Ebenso sollten Reallabore verstärkt genutzt werden, um regulatorisches Lernen zu ermöglichen und den Weg für eine breite Anwendung digitaler und smarterer Agrartechnologien zu ebneten.

Öffentlichkeit zu Grüner Gentechnik besser aufklären und informieren

In der Bevölkerung und in der Politik bestehen zum Teil schwer zu begründende Vorbehalte gegenüber neuen Züchtungsverfahren und der Gentechnik generell, die u. a. auf Informationsdefizite zurückgehen.

- Es bedarf einer wissenschaftlich fundierten und koordinierten Kommunikationsstrategie der Bundesregierung, die sich auch im politischen Handeln widerspiegelt. Dabei ist es wichtig, die Öffentlichkeit über den möglichen Beitrag der Grünen Gentechnik zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele zu informieren und wissenschaftlich unbegründeten Ängsten zu begegnen.

EU-Vorschlag zustimmen, verfahrens-unabhängigen Rechtsrahmen erarbeiten

Die rechtlichen Rahmenbedingungen, in denen sich die Grüne Gentechnik in der EU bewegt, hemmen nicht nur die Forschung und Entwicklung in dem Bereich, sondern auch die innovationsgestützte Transformation der Landwirtschaft.

- Die Bundesregierung sollte im europäischen Rat dem von der EU-Kommission vorgelegten Vorschlag zur differenzierten Regulierung von genomeditierten Pflanzen zustimmen. Dieser Vorschlag enthält Maßnahmen zur differenzierten Kennzeichnung von sogenannten NGT-1-Pflanzen und zur vereinfachten Zulassung von Pflanzen, die einen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der EU leisten können.

- Die Bundesregierung sollte die Freisetzung und den Verkehr von in der EU zugelassenen NGT-1-Pflanzen nicht beschränken.

- Die Bundesregierung sollte eine Zulassung von als NGT-1 gekennzeichneten Pflanzen im ökologischen Landbau unterstützen, wie sie bereits in einem früheren Entwurf des Vorschlags der EU-Kommission vorgesehen war.

- Langfristig sollte sich die Bundesregierung bei der EU dafür einsetzen, die Regulierung der Grünen Gentechnik dahingehend zu überarbeiten, dass über eine Zulassung gentechnisch veränderter Pflanzen vorrangig auf der Grundlage der Eigenschaften einer Pflanze anstelle des verwendeten Verfahrens entschieden wird.

Patentrecht und Sortenschutz evaluieren

Das Patentrecht und der Sortenschutz wägen ab zwischen allgemein freiem Zugang zu Züchtungsmaterial und der Absicherung von Investitionen in die Entwicklung neuer Pflanzen durch Patente. Es handelt sich hierbei um eine komplexe Thematik, zu der es noch nicht genügend empirische Evidenz gibt.

- Der Status quo des Patentschutzes für gentechnisch veränderte Pflanzen sollte vorerst nicht verändert werden. Die Bundesregierung sollte sich bei der EU jedoch dafür einsetzen, dass die Auswirkungen des Patentrechts und des Sortenschutzes auf die Verwendung gentechnischer Methoden und auf die Anmeldung gentechnisch veränderter Pflanzen evaluiert und die bestehenden Regelungen gegebenenfalls modifiziert werden.

- Darüber hinaus sollte der Markt für Saatgut im Hinblick auf Marktschließungseffekte beobachtet werden, um gegebenenfalls wettbewerbsrechtliche Maßnahmen einzuleiten.

B2 Internationale Mobilität im Wissenschafts- und Innovationssystem



[Download der
Abbildung
und Daten](#)





B 2 Internationale Mobilität im Wissenschafts- und Innovationssystem

Ein wettbewerbsfähiger Wissenschafts- und Innovationsstandort ist auf leistungsfähiges Personal für seine Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen angewiesen. Im weltweiten Wettbewerb um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie um Beschäftigte in Forschung und Entwicklung (FuE-Beschäftigte) war Deutschland in der Vergangenheit nur mäßig erfolgreich.

Gemäß einer Untersuchung für das Jahresgutachten 2014 der Expertenkommission verließen zwischen 1996 und 2011 mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Deutschland, als neu zuzogen. Insbesondere gelang es damals kaum, Spitzenwissenschaftlerinnen und Spitzenwissenschaftler für eine Tätigkeit in Deutschland zu gewinnen. Ein ähnlich negatives Bild ergab sich bei der internationalen Mobilität von FuE-Beschäftigten. Diese Befunde ließen die Expertenkommission 2014 zu dem Schluss kommen, dass massive Anstrengungen notwendig seien, um international mobilen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten in Deutschland wettbewerbsfähige Arbeits- und Forschungsbedingungen zu bieten.

Mit diesem Kapitel widmet sich die Expertenkommission zehn Jahre später erneut der internationalen Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten. Ziel ist es aufzuzeigen, ob und wie sich Deutschlands Position im internationalen Wettbewerb seit der Analyse im Gutachten 2014 verändert hat. Dies ist aus zwei Gründen relevant: Erstens wurden seitdem in Deutschland einige bedeutende rechtliche Reformen durchgeführt und Programme zur Steigerung der Attraktivität des Wissenschafts- und Innovationsstandorts aufgesetzt bzw. weitergeführt, die sich mittlerweile auf die Mobilität ausgewirkt haben

könnten. Zweitens ist zu erwarten, dass der durch die demografische Alterung verstärkte Fachkräftemangel auch zu wachsenden Personalengpässen im deutschen Wissenschafts- und Innovationssystem führen wird. Um diesen Engpässen zu begegnen, wird Deutschland zunehmend auf international mobile Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigte angewiesen sein.

Analog zu den Analysen im Jahresgutachten 2014 werden Entwicklungen in der internationalen Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten anhand von Auswertungen wissenschaftlicher Publikationen und Patentanmeldungen nachgezeichnet. Mittels dieser Daten kann die Mobilität wissenschaftlicher Autorinnen und Autoren sowie patentaktiver Erfinderinnen und Erfinder untersucht werden.²⁵⁵ Die Auswertungen zeigen, dass sich die Situation seit dem Jahresgutachten 2014 deutlich geändert hat. Deutschland ist zum Nettoempfängerland für publizierende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler geworden.²⁵⁶ Viele publikationsstarke Autorinnen und Autoren kehren nach einem Auslandsaufenthalt nach Deutschland zurück. Bei den patentaktiven Erfinderinnen und Erfindern ist ein Rückgang der Nettoabwanderung zu beobachten. Insgesamt befindet sich Deutschland somit auf einem positiven Entwicklungspfad. Jedoch verliert das deutsche Wissenschafts- und Innovationssystem in der Breite nach wie vor Humankapital. Daher sollten weitere Reformen und Maßnahmenpakete die Attraktivität Deutschlands als Wissenschafts- und Innovationsstandort für internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigte weiter erhöhen. Darüber hinaus sollten die mit der Fachkräftezuwanderung verbundenen Verwaltungsprozesse beschleunigt und digitalisiert

sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen international harmonisiert werden. Der akademische Arbeitsmarkt sollte durchlässiger für international mobile Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden.

B 2-1 Asymmetrie der internationalen Wanderungsbewegungen

Ein bedeutender Anteil aller Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigten wechselt im Laufe der Karriere mindestens einmal das Land (vgl. B 2-2 und B 2-3). Länderspezifische Faktoren beeinflussen, welche Standorte diese Personen für ihre Tätigkeit wählen.²⁵⁷

Zuwanderung für gewählte Standorte vorteilhaft

Internationale Mobilität ermöglicht es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten, neues Wissen zu erwerben und ihr wissenschaftliches Netzwerk zu erweitern.²⁵⁸ Befragungen zeigen ihre subjektive Überzeugung, dass sich internationale Mobilität positiv auf Karriereperspektiven auswirkt.²⁵⁹ Empirische Studien zeigen zudem, dass mobile Autorinnen und Autoren im Durchschnitt leistungsstärker in der Wissensgenerierung sind als ihre nicht-mobilen Kolleginnen und Kollegen (vgl. B 2-2 und B 2-3), und legen einen positiven Einfluss von Mobilität auf die Qualität der Leistung nahe.²⁶⁰

Aus der Perspektive des Ziellands kann Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten sowohl unmittelbar über einen Zugewinn an Humankapital als auch mittelbar über neu entstehende Netzwerke und Kooperationen Forschungsleistung und Innovationspotenzial steigern.²⁶¹ Darüber hinaus ermöglicht internationale Mobilität auch die Verbreitung von Wissen, das (noch) nicht veröffentlicht ist und auf das daher auf anderem Weg kaum zugegriffen werden kann.²⁶² Aus der Perspektive des Ziellands ist es attraktiv, international mobile Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigte anzulocken. Ihre Zuwanderung kann allerdings in bestimmten Fällen zu einer unerwünschten Weitergabe kritischen Wissens in das Herkunftsland führen. Dies ist insbesondere dann problematisch, wenn die technologische Souveränität des Landes, aus dem das Wissen abfließt, dadurch beeinträchtigt wird.

Fokus auf Brain Gain und Brain Drain verengt

Die nachfolgend in B 2-2 und B 2-3 vorgestellten Analysen präsentieren für einzelne Länder Nettobilanzen der in einem bestimmten Zeitraum ab- und zugewanderten Autorinnen und Autoren wissenschaftlicher Publikationen sowie der patentaktiven Erfinderinnen und Erfinder. Die betrachteten Länder unterscheiden sich zunächst darin, ob sie im Gesamtzeitraum Nettogeber- oder Nettoempfängerländer für diese Personengruppen waren. In der wissenschaftlichen Literatur sowie in der öffentlichen Debatte um Fachkräftemobilität wird eine Nettoabwanderung häufig mit Brain Drain (Schwund von Humankapital) und eine Nettozuwanderung mit Brain Gain (Zuwachs von Humankapital) in Verbindung gebracht.

Debatten um Brain Drain und Brain Gain basieren in der Regel auf einer Vorstellung von internationaler Fachkräftewanderung als Nullsummenspiel zwischen Ländern: Danach geht Brain Drain aus der Perspektive eines bestimmten Standortes unmittelbar mit einem entsprechenden Brain Gain aus der Perspektive anderer Standorte einher. Diese Betrachtung blendet jedoch zwei zentrale Vorteile der internationalen Mobilität aus:

Erstens kann internationale Mobilität dazu beitragen, Forschungsqualität und Innovationspotenzial global zu erhöhen. An den jeweiligen Standorten wird die Passung zwischen den individuell vorhandenen und den am Standort benötigten Fähigkeiten und Kompetenzen verbessert. Im globalen Wissenschafts- und Innovationssystem werden die Möglichkeiten der internationalen Arbeitsteilung und Spezialisierung besser genutzt. Auf diese Weise wird aus dem vermeintlichen Nullsummenspiel der internationalen Mobilität ein Positivsummenspiel.

Zweitens blendet die Fokussierung auf aktuelle Wanderungssalden aus, dass internationale Mobilität mittel- und langfristig auch positive Auswirkungen auf Länder haben kann, die mit Abwanderung konfrontiert sind.²⁶³ Zum einen können abgewanderte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigte im Ausland wertvolle Erfahrungen sammeln, ihr Netzwerk erweitern und dann produktiver als zuvor in ihr Heimatland zurückkehren. Solche zirkulären Wanderungsbewegungen werden als Brain Circulation bezeichnet. Zum anderen kann das Heimatland über die Abgewanderten besser in internationale Netzwerke ein-

gebunden werden und vom grenzüberschreitenden Wissensaustausch profitieren.²⁶⁴ Schließlich kann bereits die Möglichkeit zukünftiger Emigration junge Menschen motivieren, in Bildung zu investieren.²⁶⁵

B 2-2 Wissenschaftliche Publikationen: internationale Mobilität von Autorinnen und Autoren

Eine im Auftrag der Expertenkommission durchgeführte Studie beschäftigt sich mit den Mobilitätsmustern von Autorinnen und Autoren aus der Perspektive Deutschlands.²⁶⁶ Berücksichtigt wurden Autorinnen und Autoren, die im Zeitraum von 2005 bis 2020 mindestens zwei wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht haben und bei mindestens einer von diesen eine Organisationszugehörigkeit zu einer Forschungseinrichtung in Deutschland angaben. Hieraus ergeben sich die beiden Gruppen der nicht-mobilen Autorinnen und Autoren und der mobilen Autorinnen und Autoren. Autorinnen und Autoren werden als mobil klassifiziert, wenn sich das Land ihrer Organisationszugehörigkeit zwischen zwei Publikationen ändert.²⁶⁷ Innerhalb der Gruppe der Mobilen unterscheidet die Studie zwischen Zuwandernden und Abwandernden. Zuwandernde sind weiter unterteilt in Zuziehende (Personen, die aus dem Ausland kommen und in Deutschland verbleiben) und Rückkehrende (Personen, die aus dem Ausland zurück nach Deutschland kommen). Abwandernde sind weiter unterteilt in Wegziehende (Personen, die Deutschland verlassen und im Ausland bleiben) und Temporäre (Personen, die aus dem Ausland nach Deutschland kommen und Deutschland wieder verlassen).²⁶⁸

Nettozug ins deutsche Wissenschaftssystem

Insgesamt waren 31 Prozent aller Autorinnen und Autoren, die im Beobachtungszeitraum zwischen 2005 und 2020 eine deutsche Organisationszugehörigkeit angaben, in diesem Zeitraum international mobil.²⁶⁹ Dabei übertraf der Anteil der Zuziehenden den der Wegziehenden, was sich in einem Nettozug von mehr als 5.400 Autorinnen und Autoren widerspiegelt.²⁷⁰ Differenziertere Einblicke ergeben sich aus einer länderspezifischen Analyse von nach Deutschland zuziehenden und aus Deutschland wegziehenden Autorinnen und Autoren. Starke bilaterale Mobilitätsströme bestehen

vor allem zwischen Deutschland einerseits und den USA, der Schweiz und dem Vereinigten Königreich andererseits (vgl. Abbildung B 2-1). Gegenüber diesen drei Ländern verzeichnet Deutschland einen deutlichen Nettowegzug. Der Nettozug insgesamt ist vor allem durch Deutschlands Rolle als Ziel-land für Autorinnen und Autoren aus Italien, Spanien, China, Russland und Indien getrieben.

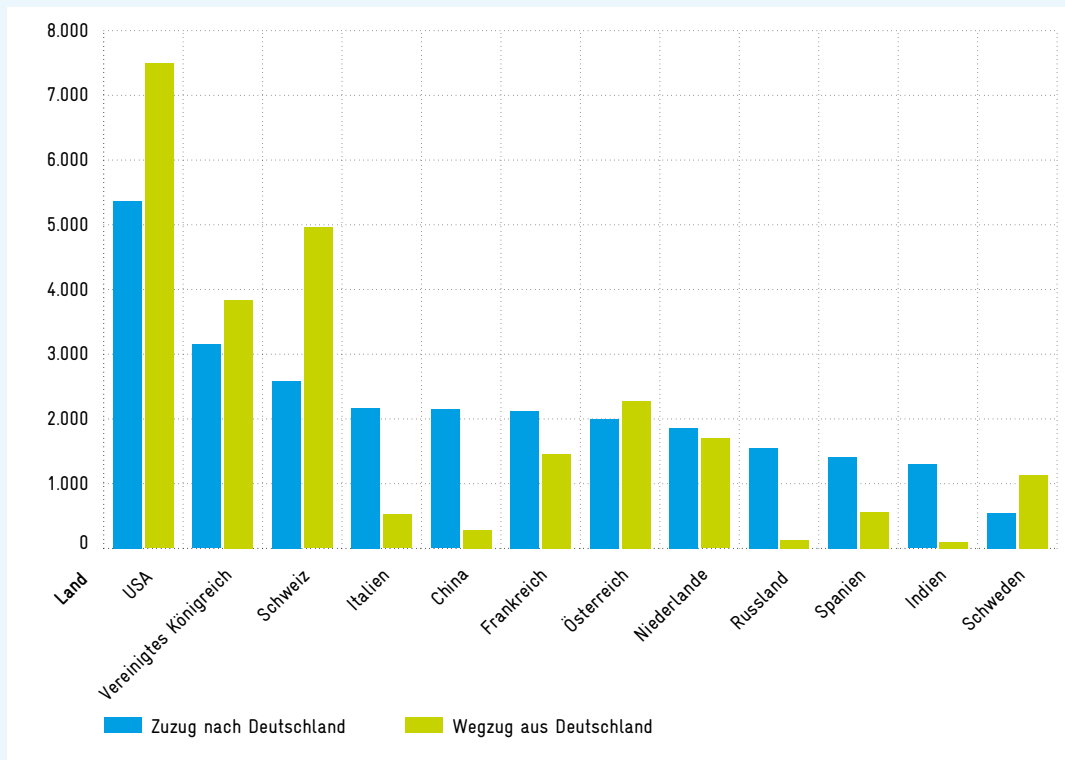
Abbildung B 2-2 zeigt anhand von OECD-Daten die Entwicklung der jährlichen Wanderungssalden²⁷¹ von zu- und abwandernden Autorinnen und Autoren für ausgewählte Länder.²⁷² Der in Deutschland zu Beginn des Beobachtungszeitraums negative Wanderungssaldo wurde im Jahr 2014 positiv und verzeichnet seitdem einen weiter positiven Trend. Verglichen mit anderen großen europäischen Ländern zeigen die Wanderungssalden für Deutschland im Beobachtungszeitraum einen verhältnismäßig stabilen positiven Verlauf. Das Vereinigte Königreich hat nach 2016 eine starke Nettoabwanderung von Autorinnen und Autoren hinnehmen müssen, was den Auswirkungen des Brexits zuzuschreiben sein dürfte. Im globalen Vergleich verzeichnen die USA mit Abstand die höchste Nettozuwanderung von Autorinnen und Autoren.²⁷³ China und Kanada weisen in jüngster Zeit eine höhere Nettozuwanderung als Deutschland auf. Aus den Schwellenländern Brasilien und Indien wandern zunehmend Autorinnen und Autoren ab.

Aus der alleinigen Betrachtung von Wanderungssalden geht nicht hervor, welchen Anteil Rückkehrende und Temporäre an der internationalen Mobilität haben, was für die empirische Relevanz von Brain Circulation von hoher Bedeutung ist. Aus der Perspektive Deutschlands sind alle Abwandernden mittelfristig auch potenzielle Rückkehrende, während Zuwandernde gegebenenfalls nur temporär im Land sind. Aufschlussreich sind daher das Verhältnis von Rückkehrenden zu allen Abwandernden (Rückkehrverhältnis) sowie das Verhältnis von Zuziehenden zu allen Zuwandernden (Bleibeverhältnis). Im Beobachtungszeitraum kommen auf 100 Autorinnen und Autoren, die in diesem Zeitraum Deutschland verlassen haben, 44 Rückkehrende. Das entspricht einem Rückkehrverhältnis von 0,44.²⁷⁴ Außerdem zeigt das beobachtete Bleibeverhältnis von 0,45, dass von 100 im Beobachtungszeitraum zugewanderten Autorinnen und Autoren 45 Deutschland bisher nicht wieder verlassen haben.

Abb. B2-1 Bilateraler Zu- und Wegzug von Autorinnen und Autoren (bezogen auf Deutschland) 2005–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Im Zeitraum zwischen 2005 und 2020 zogen 7.491 Autorinnen und Autoren aus Deutschland in die USA und 5.364 kamen aus den USA nach Deutschland.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coda-Zabetta et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Wissenschaftlerinnen weniger mobil

Insgesamt liegt der Frauenanteil unter allen Autorinnen und Autoren in Deutschland im Zeitraum von 2005 bis 2020 bei etwa 36 Prozent.²⁷⁵ Dabei ist der Anteil der Nicht-Mobilen bei den Frauen mit 73 Prozent um 7 Prozentpunkte höher als bei den Männern (66 Prozent).²⁷⁶ Es zeigt sich zudem, dass Wissenschaftlerinnen vor allem in frühen Karrierephasen mobil sind, wobei häufig nur ein einmaliger Standortwechsel beobachtet wird. Autorinnen, die aus Deutschland wegziehen, kehren seltener zurück als Autoren.²⁷⁷ Zugleich bleiben Autorinnen, die nach Deutschland ziehen, häufiger in Deutschland als Autoren.²⁷⁸

Wegzug mit Verlust an Forschungsqualität verbunden

Für die Forschungsleistung und das Innovationspotenzial Deutschlands ist es nicht nur von hoher Bedeutung, wie viele Personen zu- und abwandern,

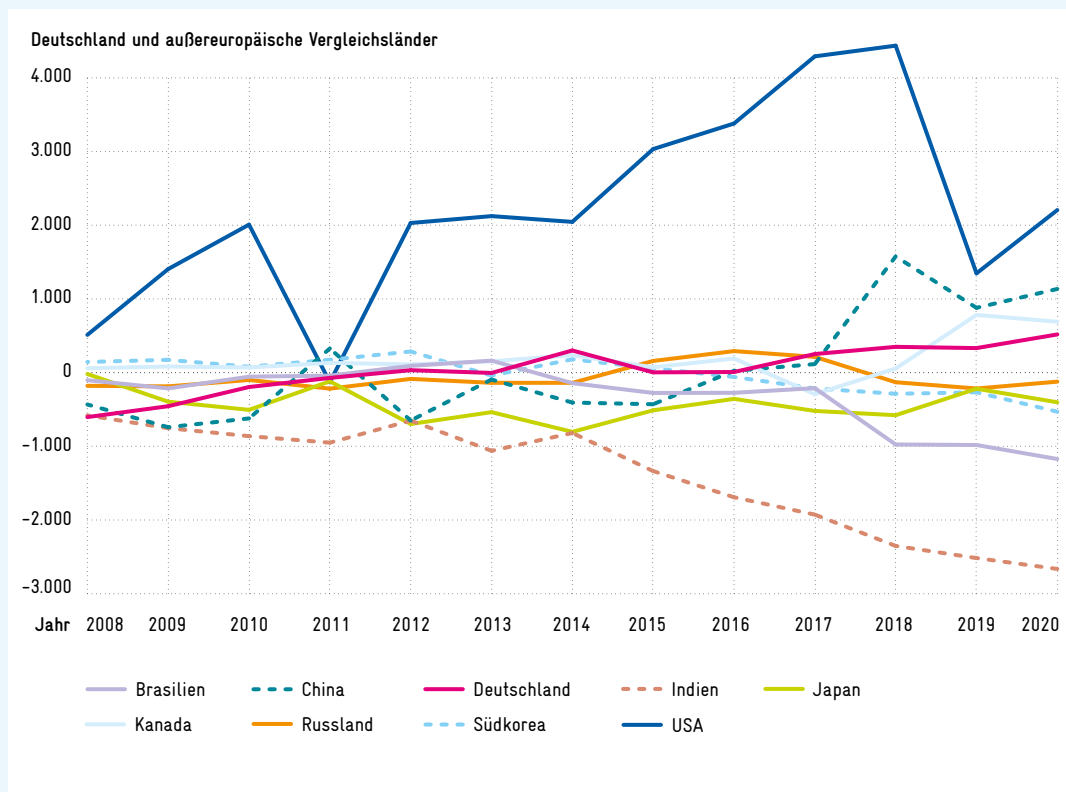
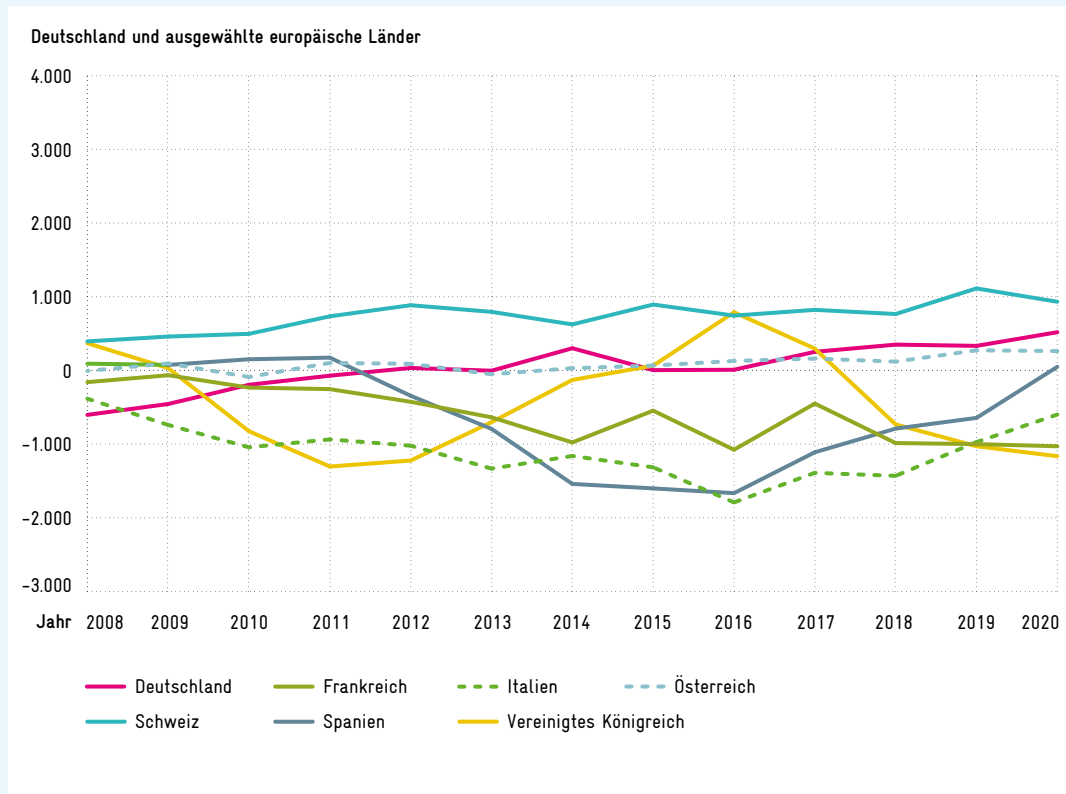
sondern auch, welcher Zu- und Abfluss an wissenschaftlicher Leistungsfähigkeit damit verbunden ist. Hinweise auf die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit ergeben sich aus der Qualität der Publikationen von zu- und abwandernden Autorinnen und Autoren. In der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studie wird die Qualität von Publikationen über die durchschnittliche Zahl der Zitationen der Fachzeitschrift angenähert, in der diese veröffentlicht wurden.²⁷⁹ Dieser Qualitätsindikator erfasst, welchen Einfluss Publikationen in der jeweiligen Zeitschrift im Durchschnitt auf die weitere Forschung haben.²⁸⁰ Die so bewerteten Publikationen werden für die zuwandernden und die abwandernden Autorinnen und Autoren jeweils getrennt betrachtet.

Abbildung B 2-3 gibt einen Überblick über den durchschnittlichen Wert des Qualitätsindikators der Publikationen von nicht-mobilen Autorinnen und Autoren sowie den verschiedenen Typen der mobilen Autorinnen und Autoren. Insgesamt zeigt sich,



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B2-2 Jährliche Wanderungssalden von zu- und abwandernden Autorinnen und Autoren 2008–2020



Lesebeispiel: Im Jahr 2019 lag der Wanderungssaldo von Zu- und Abwandernden in Deutschland bei +330. In dem Jahr kamen also mehr Autorinnen und Autoren nach Deutschland, als das Land verließen.
Quelle: <https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm> (Abruf am 05.11.2023) und OECD (2017). Eigene Darstellung.
© EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

dass die Publikationen von Wegziehenden im Durchschnitt eine höhere Qualität aufweisen als die Publikationen von Zuziehenden. Die Publikationen von nicht-mobilen Autorinnen und Autoren in Deutschland weisen im Durchschnitt die niedrigste Qualität auf. Besonders ausgeprägt sind diese Unterschiede in den Lebenswissenschaften.²⁸¹ Ergänzend unterschieden nach Herkunfts- und Zieländern zeigt sich, dass die Publikationen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die aus den Schwellenländern Brasilien und China nach Deutschland kommen, im Durchschnitt eine höhere Qualität haben als die Publikationen von Autorinnen und Autoren, die Deutschland in Richtung dieser Länder verlassen. Das Gegenteil gilt für die meisten der betrachteten Industrieländer wie die USA, Frankreich oder das Vereinigte Königreich.²⁸²


Bei einem Vergleich der Werte des Qualitätsindikators zwischen Kohorten, also Autorinnen und Autoren, die in verschiedenen Jahren zu- oder

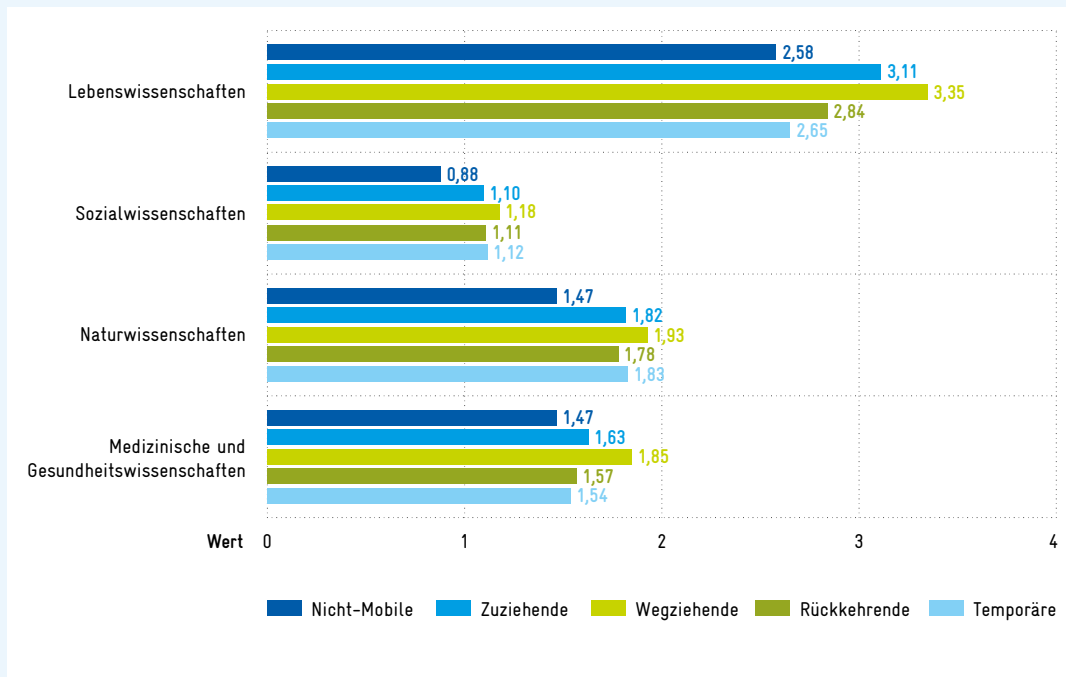
abgewandert sind, zeigen sich je nach Mobilitätstyp unterschiedliche Entwicklungen.²⁸³ Wie in Abbildung B 2-4 ersichtlich, hat sich die Qualität der Publikationen von Zuziehenden und Rückkehrenden in späteren Kohorten erhöht, wobei der Abstand zwischen beiden Mobilitätstypen am Ende des Beobachtungszeitraums merklich kleiner geworden ist. Zugleich lässt sich beim Kohortenvergleich der Wegziehenden beobachten, dass die Qualität ihrer Publikationen im Zeitablauf zunächst abgenommen und sich seit 2011 kaum verändert hat.

Mobilität für internationale Kooperationen und Forschungsqualität bedeutsam

Internationale Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist ein treibender Faktor bei der Anbahnung wissenschaftlicher Kooperationen.²⁸⁴ Ko-Autorenschaften generieren qualitativ bessere Publikationen als Alleinautorenschaften.²⁸⁵

Abb. B2-3 Durchschnittlicher Wert des Qualitätsindikators für Publikationen von Autorinnen und Autoren verschiedener Mobilitätstypen (bezogen auf Deutschland), differenziert nach Wissenschaftszweig 2005-2020

 [Download der Abbildung und Daten](#)



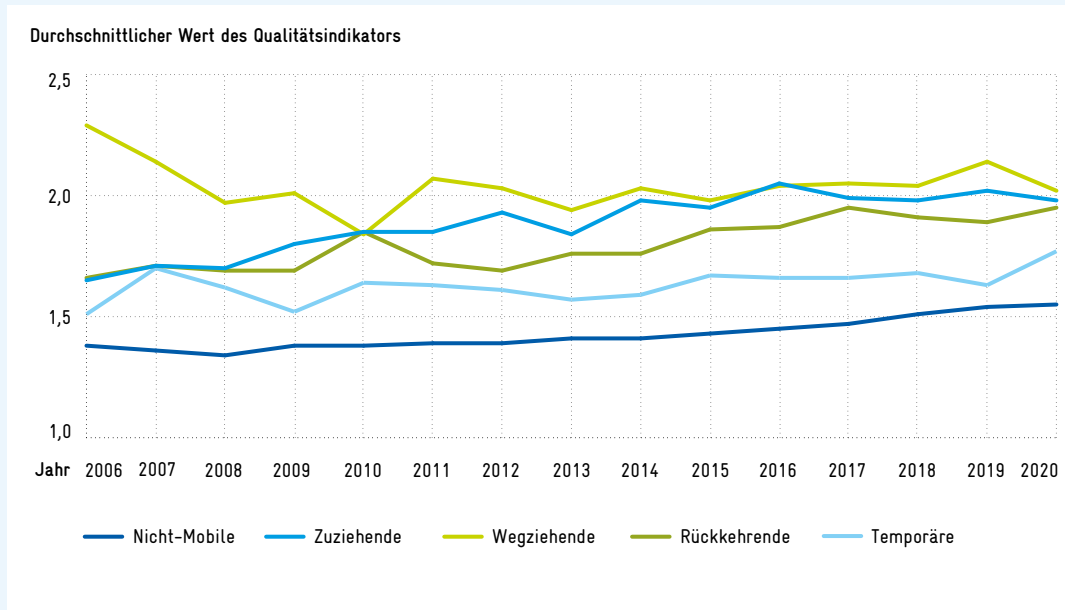
Lesebeispiel: In den Lebenswissenschaften haben Publikationen von Wegziehenden mit durchschnittlich 3,35 den höchsten Wert des Qualitätsindikators. Publikationen von Zuziehenden haben mit durchschnittlich 3,11 den zweithöchsten Wert des Qualitätsindikators, gefolgt von Rückkehrenden mit 2,84 und Temporären mit 2,65. Publikationen von Nicht-Mobilen weisen mit durchschnittlich 2,58 den niedrigsten Wert des Qualitätsindikators auf.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coda-Zabetta et al. (2024).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Abb. B 2-4 Durchschnittlicher Wert des Qualitätsindikators der Publikationen von Autorinnen und Autoren verschiedener Mobilitätstypen (bezogen auf Deutschland) 2006–2020

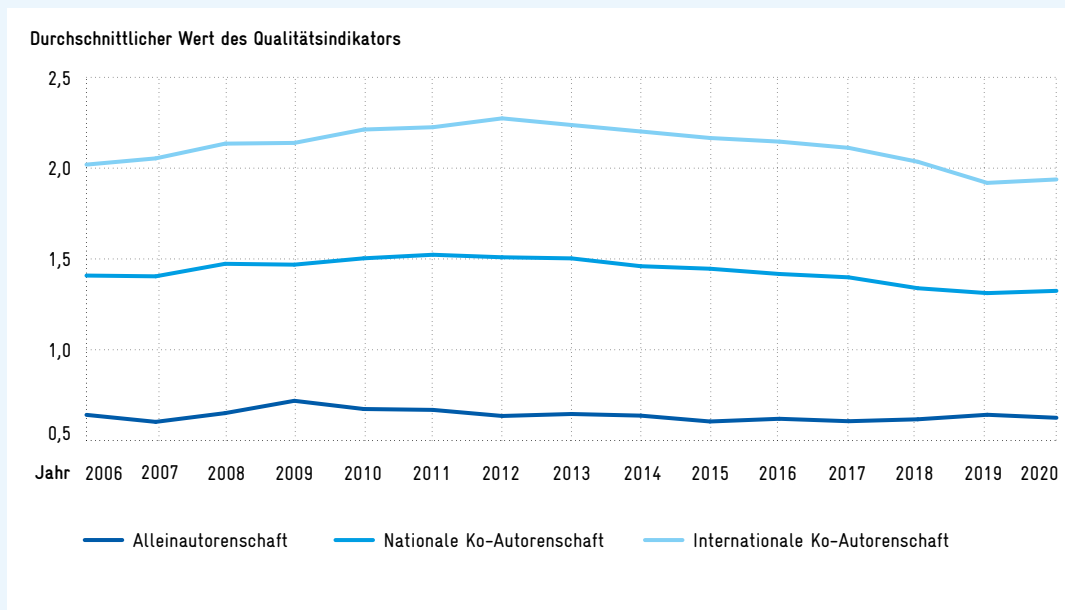
 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Im Jahr 2019 lag der Wert des Qualitätsindikators von Publikationen Wegziehender mit deutscher Organisationszugehörigkeit bei durchschnittlich 2,13. Der Wert des Qualitätsindikators überstieg damit den der Publikationen von Zuziehenden (2,02) und Rückkehrenden (1,89). Publikationen von Nicht-Mobilen hatten im Jahr 2019 den niedrigsten durchschnittlichen Wert des Qualitätsindikators (1,54).
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coda-Zabetta et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Abb. B 2-5 Durchschnittlicher Wert des Qualitätsindikators der Publikationen von Autorinnen und Autoren nach Kooperationstyp (bezogen auf Deutschland) 2006–2020

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Im Jahr 2019 lag der Wert des Qualitätsindikators von Publikationen mit einem internationalen Autorenteam bei durchschnittlich 1,94. Bei Publikationen mit einem Autorenteam, bei dem alle Autorinnen und Autoren eine deutsche Organisationszugehörigkeit angaben, lag dieser Wert bei durchschnittlich 1,32. Für Publikationen, die in Alleinautorenschaft verfasst wurden, lag dieser Wert im Jahr 2019 bei durchschnittlich 0,63.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coda-Zabetta et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Somit kann internationale Mobilität indirekt zu einer Steigerung der Forschungsleistung führen, indem sie eine Grundlage für internationale Zusammenarbeit schafft.

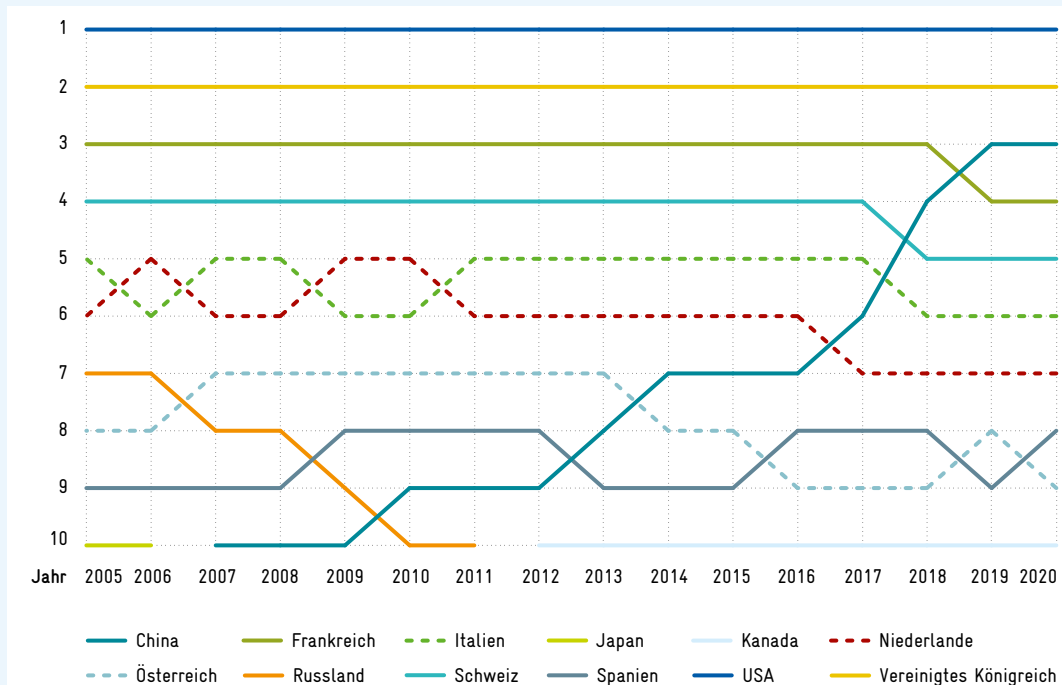
Im deutschen Wissenschaftssystem gewinnen internationale Kooperationen immer mehr an Bedeutung.²⁸⁶ Seit 2005 hat sich der Anteil von Publikationen, die in internationaler Zusammenarbeit entstanden sind, stetig erhöht. Diese Entwicklung ist besonders in Anbetracht der Qualität der Publikationen positiv zu sehen. Denn wie in Abbildung B 2-6 ersichtlich, weisen Publikationen mit internationaler Ko-Autorenschaft im Durchschnitt eine deutlich höhere Qualität auf als Publikationen in Alleinautorenschaft oder solche mit ausschließlich nationaler Ko-Autorenschaft.

Gemessen an der Anzahl der Ko-Autorenschaften sind die USA und das Vereinigte Königreich seit

2005 durchweg die wichtigsten Partnerländer für in Deutschland tätige Autorinnen und Autoren. Frankreich und die Schweiz sind ebenfalls wichtige Partnerländer, wurden jedoch von China überholt. Die Bedeutung von China für die Zusammenarbeit mit Autorinnen und Autoren mit deutscher Organisationszugehörigkeit hat in den letzten Jahren enorm zugenommen (vgl. Abbildung B 2-6), was angesichts der bereits angesprochenen Möglichkeit unbeabsichtigter Wissensabflüsse und potenzieller Beeinträchtigungen der technologischen Souveränität Deutschlands durchaus kritisch gesehen werden kann.

Aus Deutschland abwandernde Autorinnen und Autoren pflegen häufig weiterhin Kooperationen mit Kolleginnen und Kollegen in Deutschland. So arbeiten rund 50 Prozent der Abwandernden auch zwei Jahre nach dem Wechsel ihrer Organisationszugehörigkeit weiterhin mit in Deutschland tätigen

Abb. B 2-6 Top-10-Partnerländer Deutschlands bei wissenschaftlichen Ko-Autorenschaften 2005–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesbeispiel: Über den gesamten Zeitraum waren Autorinnen und Autoren, die eine deutsche Organisationszugehörigkeit angaben, am häufigsten in Ko-Autorenschaft mit ihren US-amerikanischen Kolleginnen und Kollegen. Frankreich nahm 2017 den dritten Rang unter den Partnerländern ein, wurde jedoch im Folgejahr von China überholt. Im Jahr 2020 veröffentlichten mehr Autorinnen und Autoren mit chinesischer Organisationszugehörigkeit als mit französischer Organisationszugehörigkeit gemeinsame Publikationen mit Autorinnen und Autoren aus deutschen Forschungseinrichtungen.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coda-Zabetta et al. (2024).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Kolleginnen und Kollegen zusammen. Dieser Anteil ist für diejenigen, die zu führenden Forschungseinrichtungen²⁸⁷ in den Zielländern wechseln, besonders hoch.²⁸⁸

Die Analyse verdeutlicht, warum die einfache Betrachtung der Wanderungsbilanz eines Standorts nicht genügt, um die Auswirkungen internationaler Mobilität zu erfassen. Internationale Mobilität führt zu größeren Forschungsnetzwerken, die sich wiederum positiv auf die Qualität des Forschungsoutputs auswirken können.²⁸⁹

Mehr mobile Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Spitzenpositionen

Zu den international renommiertesten Positionen im deutschen Wissenschaftssystem gehören die Professuren der Alexander von Humboldt-Stiftung und die Stipendien des Emmy-Noether-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Auch eine Professur an einer besonders forschungsstarken deutschen Universität bietet internationalen Spitzenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern ein attraktives Forschungsumfeld. Unter den Autorinnen und Autoren in solchen Positionen finden sich überdurchschnittlich häufig Zuziehende oder Rückkehrende.²⁹⁰

Wissenschaftsstandorte profitieren direkt von der Attrahierung besonders leistungsfähiger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Analysen in der von der Expertenkommission beauftragten Studie deuten zudem darauf hin, dass diese Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler positive Wirkungen auf ihr neues Umfeld haben. So zeigen sich beispielsweise Steigerungen in der durchschnittlichen Qualität der wissenschaftlichen Publikationen einer Fakultät nach der Neubesetzung einer Alexander von Humboldt-Professur.²⁹¹ Gesteigerte Anspruchsniveaus sowie Ko-Autorenschaften und Weitergabe von Wissen am neuen Standort können Erklärungen hierfür sein. Auch kann die Reputation der Spitzenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sowie die damit einhergehende gesteigerte Attraktivität des Standorts weitere leistungsstarke Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anziehen.²⁹²

B2-3 Patentanmeldungen: internationale Mobilität von Erfinderinnen und Erfindern

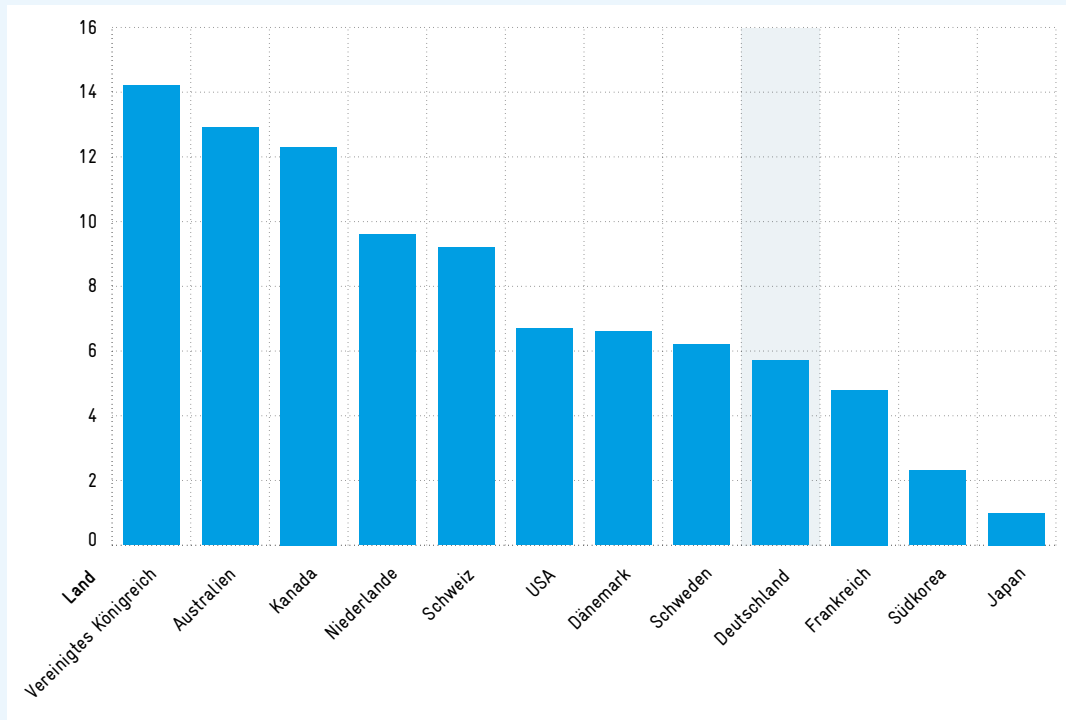
Analog zu den bislang betrachteten Daten zur Mobilität von Autorinnen und Autoren wissenschaftlicher Publikationen lässt sich die internationale Mobilität von FuE-Beschäftigten über die Angaben zu Erfinderinnen und Erfindern in Patentdokumenten annähern. Wenn FuE-Beschäftigte zwischen Organisationen oder Ländern mobil sind, nehmen sie ihr Wissen an den neuen Arbeitsort mit. Davon profitieren Unternehmen bzw. Länder, die neue FuE-Beschäftigte anziehen. Unternehmen bzw. Länder, die FuE-Beschäftigte verlieren, können kurzfristig Rückschläge in ihrem Innovationspotenzial erfahren, langfristig können jedoch auch sie von einem Austausch von Wissen und Expertise profitieren.²⁹³

In diesem Abschnitt wird, basierend auf einer im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Studie²⁹⁴, die internationale Mobilität von patentaktiven Erfinderinnen und Erfindern des deutschen Wissenschafts- und Innovationssystems analysiert. Die PATSTAT-Datenbank des Europäischen Patentamts bildet die Grundlage für die Analysen²⁹⁵, wobei der Fokus auf der Anmeldung transnationaler Patente²⁹⁶ im Zeitraum von 2000 bis 2020 liegt.²⁹⁷ Analog zur obigen Analyse von Publikationsdaten werden auch hier mobile mit nicht-mobilen Erfinderinnen und Erfindern verglichen und verschiedene Mobilitätstypen (Zuziehende, Rückkehrende, Wegziehende, Temporäre) unterschieden.

Nettowegzug von Erfinderinnen und Erfindern

Im Zeitraum zwischen 2000 und 2020 waren in Deutschland 5,7 Prozent aller patentaktiven Erfinderinnen und Erfinder international mobil (vgl. Abbildung B 2-7). Damit zeigt Deutschland im internationalen Vergleich eine eher geringe Mobilitätsrate. So haben beispielsweise das Vereinigte Königreich (14,2 Prozent), Kanada (12,3 Prozent) und die USA (6,7 Prozent) höhere Mobilitätsraten. Unter den Vergleichsländern verzeichnen nur Frankreich (4,8 Prozent), Südkorea (2,3 Prozent) und Japan (1,0 Prozent) noch geringere Mobilitätsraten als Deutschland.²⁹⁸

Abb. B2-7 Anteil mobiler Erfinderinnen und Erfinder, differenziert nach Ländern 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 5,7 Prozent aller Erfinderinnen und Erfinder in Deutschland zwischen 2000 und 2020 waren international mobil.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Karautova et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Über den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2020 verzeichnet Deutschland einen Nettowegzug von Erfinderinnen und Erfindern: So kamen 5,6 Prozent weniger Erfinderinnen und Erfinder nach Deutschland, als es verließen. Auch in Japan, Frankreich und dem Vereinigten Königreich gab es einen Nettowegzug. Im Gegensatz dazu verzeichneten die Schweiz, die Niederlande und Südkorea einen Nettozuzug. So zog beispielsweise die Schweiz 22,7 Prozent mehr Erfinderinnen und Erfinder an, als sie verlor.²⁹⁹

Betrachtet man die Wanderungssalden³⁰⁰ derselben Länder gesondert für jedes Jahr, zeigt sich, dass die Schweiz und Südkorea durchweg positive Salden aufweisen (vgl. Abbildung B 2-8). Länder mit überwiegend ausgeglichener Zu- und Abwanderung von Erfinderinnen und Erfindern sind Australien, Dänemark und Schweden. Deutschland gehört mit Japan, dem Vereinigten Königreich und den USA zu den Ländern, die durchgängig mehr Ab- als Zuwanderungen von Erfinderinnen und Erfindern verzeichnen. Allerdings verringerte sich die Net-

toabwanderung von Erfinderinnen und Erfindern aus Deutschland seit 2014, und im Jahr 2020 wurde erstmals eine geringe Nettozuwanderung verzeichnet. Diese Entwicklung unterscheidet sich deutlich von der in dem Vereinigten Königreich und den USA, die beide durch eine stärker werdende Nettoabwanderung gekennzeichnet sind.

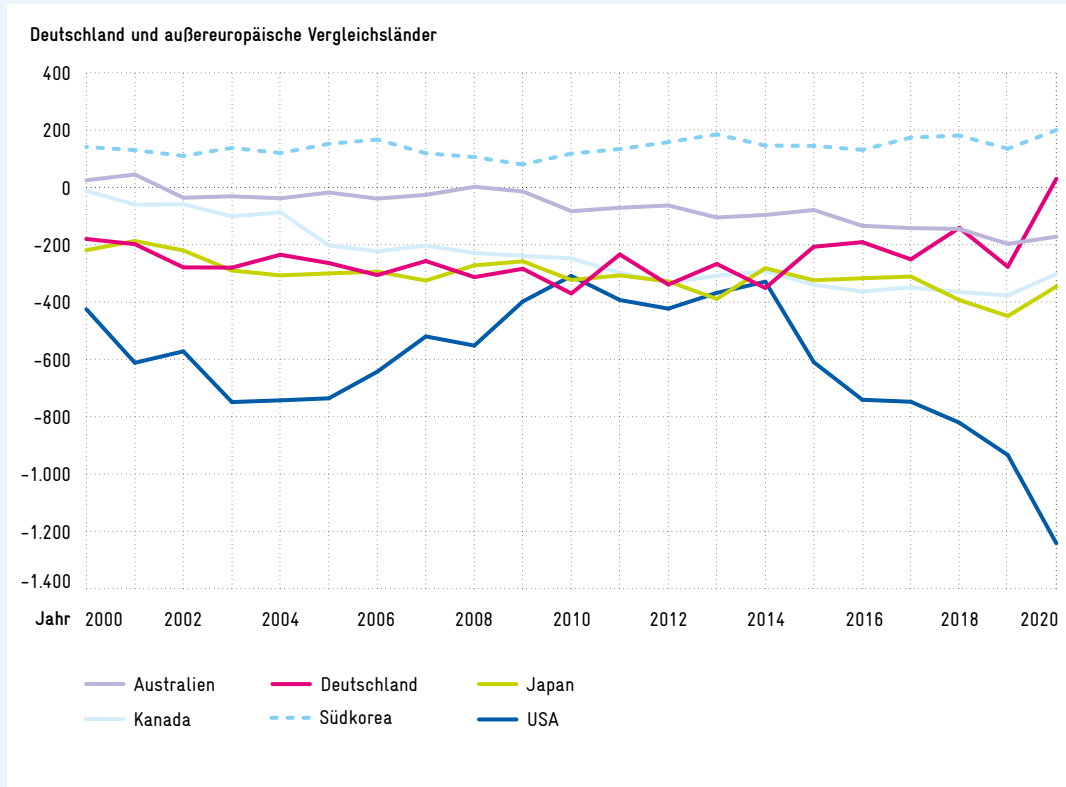
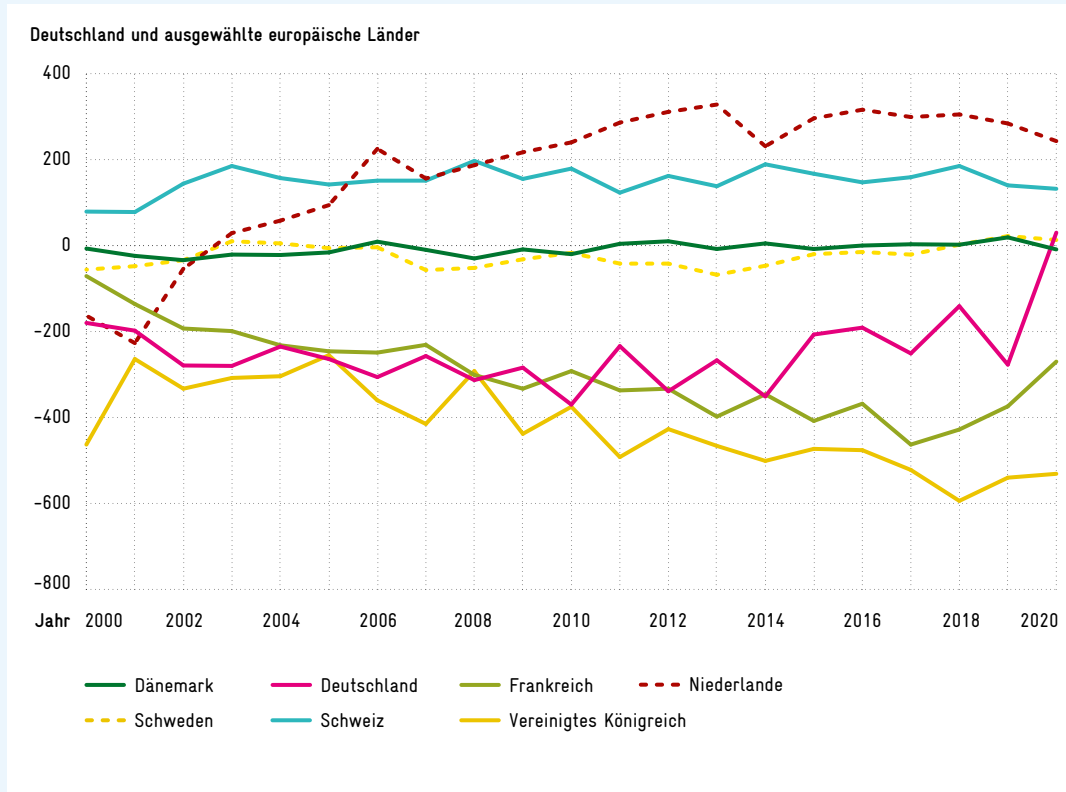
Erfinderinnen weniger mobil

Unter allen Erfinderinnen und Erfindern in Deutschland sind ca. 10 Prozent Frauen. Von allen mobilen Erfinderinnen und Erfindern sind jedoch lediglich 6,7 Prozent Frauen. Auffallend ist der geringe Frauenanteil von nur 2,9 Prozent unter allen Rückkehrenden.³⁰¹ Frauen sind daher nicht nur insgesamt unterrepräsentiert, sondern insbesondere auch unter den mobilen Erfinderinnen und Erfindern. Nachdem der Anteil mobiler Erfinderinnen in den frühen 2000er Jahren leicht gestiegen ist, stagniert er seit 2010. Eine Angleichung an das Mobilitätsverhalten der Erfinder ist also nicht zu beobachten.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B2-8 Jährliche Wanderungssalden von zu- und abwandernden Erfinderinnen und Erfindern 2000–2020



Lesebeispiel: Im Jahr 2017 lag der Wanderungssaldo (die Differenz von zu- und abwandernden Erfinderinnen und Erfindern) in Deutschland bei -251. In diesem Jahr verließen also mehr Erfinderinnen und Erfinder Deutschland, als nach Deutschland kamen.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Karaulova et al. (2024).
© EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Erfinderinnen und Erfinder überwiegend unternehmensintern mobil

In Abbildung B 2-9 ist die Zu- und Abwanderung von Erfinderinnen und Erfindern nach bzw. aus Deutschland für ausgewählte Länder im Beobachtungszeitraum 2000 bis 2020 dargestellt.³⁰² Starke bilaterale Wanderungsbewegungen bestehen bei Erfinderinnen und Erfindern vor allem zwischen Deutschland einerseits und den USA, Österreich, dem Vereinigten Königreich, Frankreich und den Niederlanden andererseits. Während gegenüber den USA und den Niederlanden eine Nettoabwanderung aus Deutschland zu verzeichnen ist, zeigt sich gegenüber Österreich, dem Vereinigten Königreich und Frankreich eine Nettozuwanderung. Im Vergleich zum europäischen und nordamerikanischen Raum ist der asiatische Raum für die Erfindermobilität von und nach Deutschland weniger bedeutend.

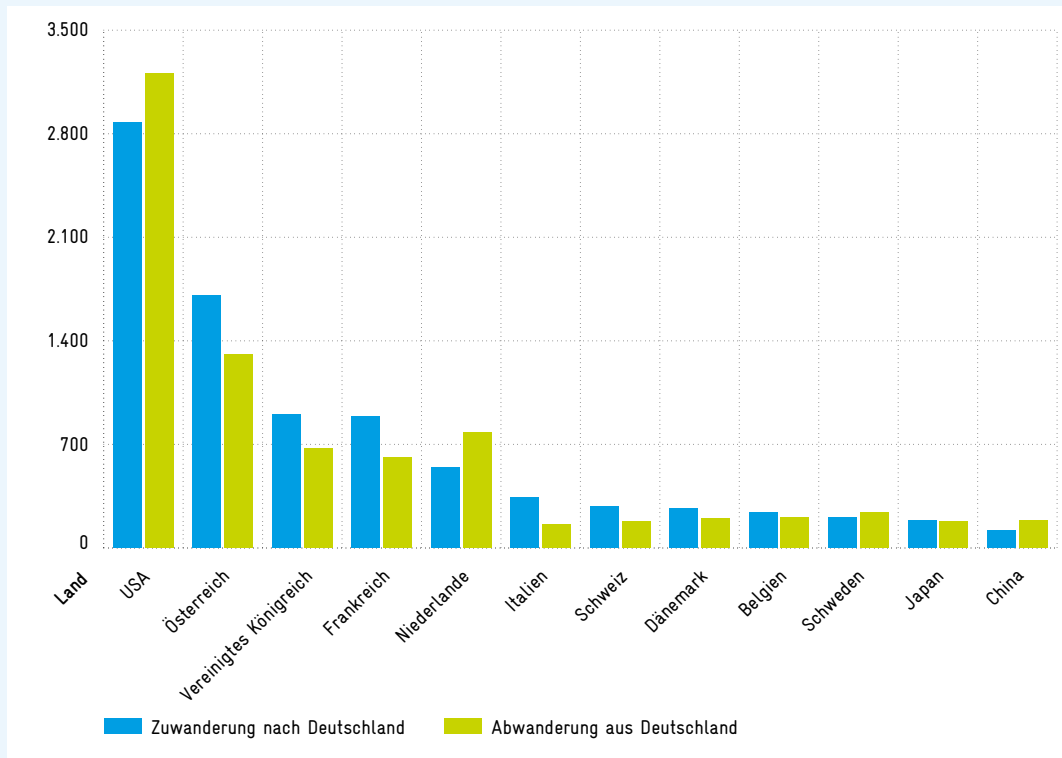
Eine entscheidende Rolle bei der Mobilität von Erfinderinnen und Erfindern kommt den Unter-

nehmen zu, in denen die Erfinderinnen und Erfinder tätig sind. Über 90 Prozent der mobilen Erfinderinnen und Erfinder in ausgewählten Ländern³⁰³ haben innerhalb derselben multinationalen Unternehmen das Land gewechselt. In Deutschland liegt dieser Anteil mit 95 Prozent sogar noch höher. Da die überwiegende Mehrheit mobiler Erfinderinnen und Erfinder weiterhin für dasselbe multinationale Unternehmen in einem anderen Land arbeitet, bleibt ihr Wissen innerhalb des Unternehmens erhalten.

Viele Erfinderinnen und Erfinder nach Deutschland zurückkehrt

Um Aussagen über Brain Circulation treffen zu können, werden die Abwandernden weiter unterschieden in Wegziehende und Temporäre und die Zuwandernden in Zuziehende und Rückkehrende.³⁰⁴ Wichtige Kenngrößen sind hier wieder das Bleibeverhältnis und das Rückkehrverhältnis. Abbildung B 2-10 stellt diese Verhältnisse für ausgewählte Länder im Zeitraum zwischen 2000 und 2020 dar.³⁰⁵

Abb. B 2-9 Bilaterale Zu- und Abwanderung von Erfinderinnen und Erfindern (bezogen auf Deutschland) 2000–2020



Lesebeispiel: Im Zeitraum zwischen 2000 und 2020 sind 3.206 Erfinderinnen und Erfinder aus Deutschland in die USA abgewandert und 2.876 aus den USA nach Deutschland zugewandert.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Karaulova et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

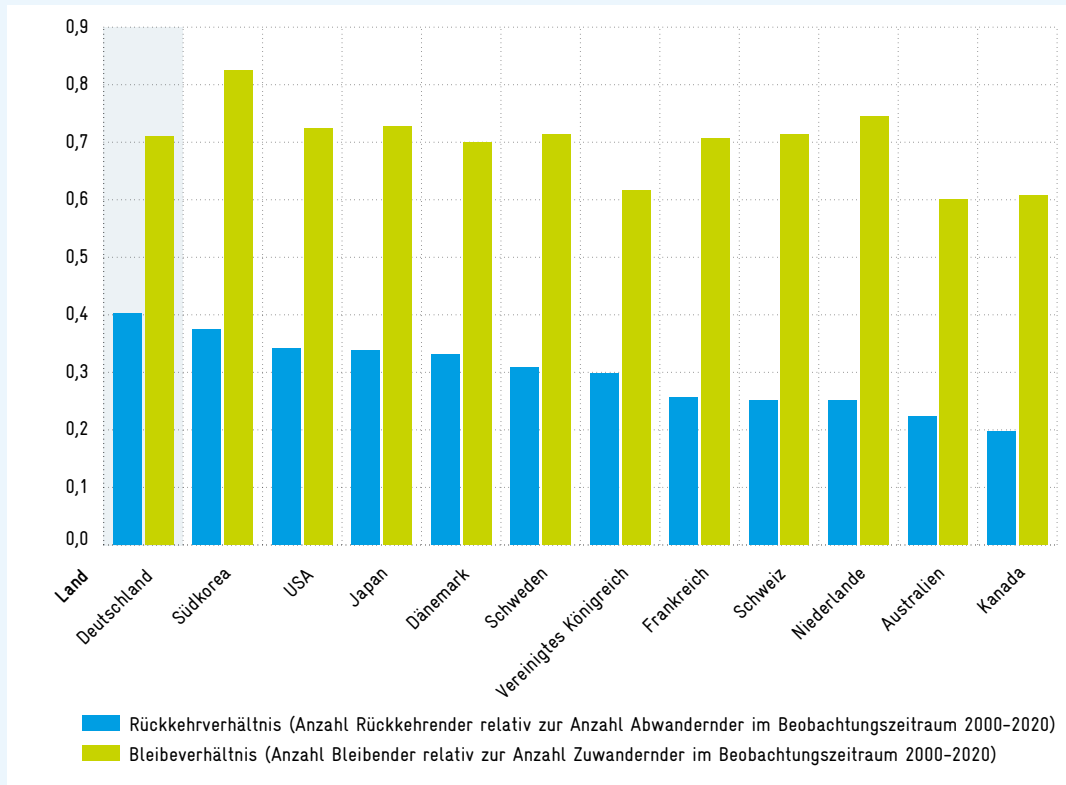


[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. B 2-10 Rückkehrverhältnis abwandernder und Bleibeverhältnis zuwandernder Erfinderinnen und Erfinder, differenziert nach Ländern 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Auf 100 aus Deutschland abgewanderte Erfinderinnen und Erfinder im Zeitraum zwischen 2000 und 2020 kommen 40 Rückkehrende. Von 100 nach Deutschland zugewanderten Erfinderinnen und Erfindern verbleiben bis zum Ende des Erhebungszeitraums noch 71 in Deutschland.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Karaulova et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Über alle betrachteten Länder hinweg liegt das Rückkehrverhältnis zwischen 0,20 und 0,40 und das Bleibeverhältnis bei Werten zwischen 0,60 und 0,82. Für den Wissensaustausch und die wichtige Brain Circulation sind die Rückkehrenden von hoher Bedeutung. Deutschland hat hier mit 0,40 im internationalen Vergleich zusammen mit Südkorea das höchste Rückkehrverhältnis.³⁰⁶ Ein etwas anderes Bild zeigt sich beim Bleibeverhältnis. Hier liegt Deutschland mit 0,71 im internationalen Mittelfeld.

Mobile Erfinderinnen und Erfinder leistungsfähiger

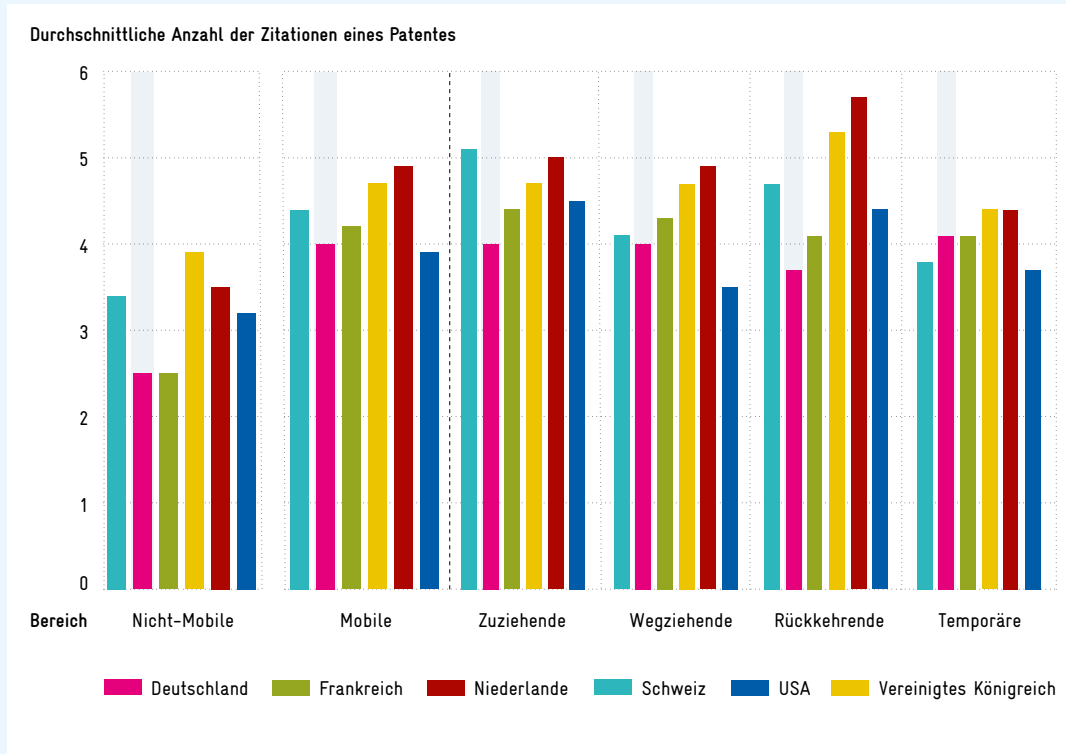
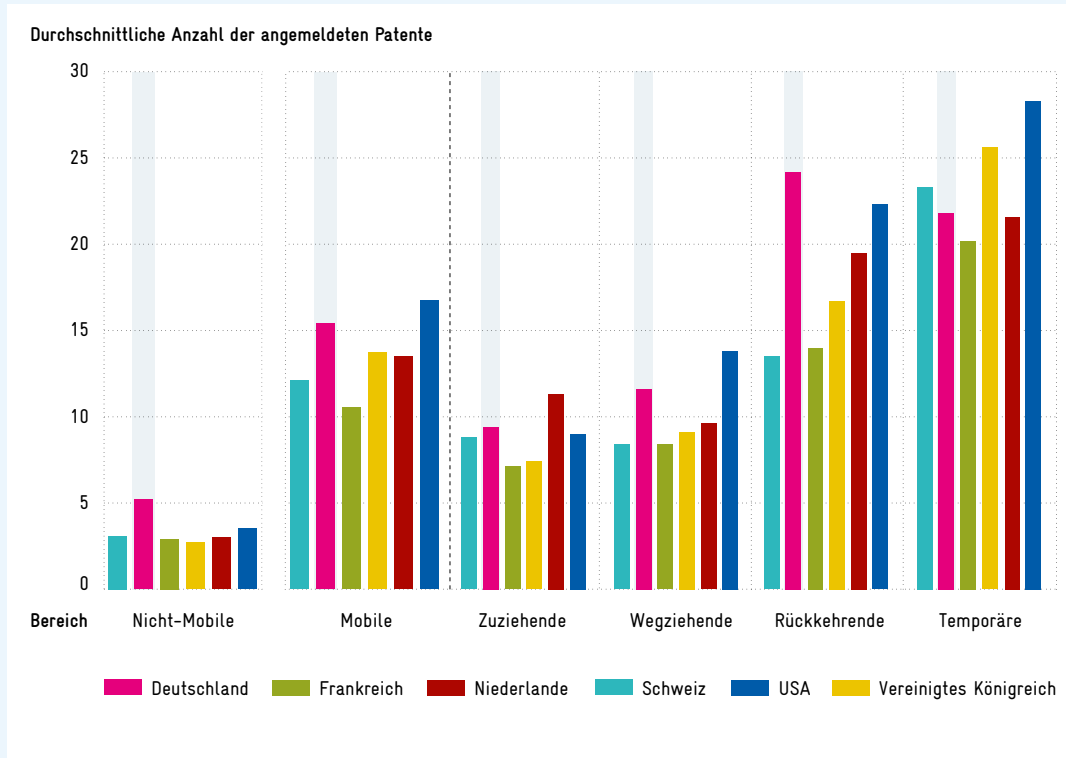
Für das Innovationspotenzial Deutschlands ist es nicht nur von hoher Bedeutung, wie viele FuE-Beschäftigte zu- und abwandern, sondern auch, welcher Zu- und Abfluss an innovationsrelevanter Leistungsfähigkeit damit verbunden ist. In der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studie

wird die innovationsrelevante Leistungsfähigkeit über die Anzahl und die Qualität der Patente einer Erfinderin bzw. eines Erfinders angenähert. Als Indikator für die Qualität eines Patents wird die Anzahl der erhaltenen Zitationen innerhalb von vier Jahren nach Anmeldung verwendet.

Abbildung B 2-11 zeigt die durchschnittliche Anzahl sowie die durchschnittliche Qualität der Patente nach Ländern und nach Mobilitätstypen.³⁰⁷ Mobile Erfinderinnen und Erfinder melden über alle Länder hinweg mehr Patente an als nicht-mobile.³⁰⁸ Rückkehrende und Temporäre weisen eine höhere Anzahl an Patenten auf als Zuziehende und Wegziehende. Im internationalen Vergleich zeichnen sich sowohl mobile als auch nicht-mobile Erfinderinnen und Erfinder in Deutschland durch eine überdurchschnittliche Anzahl an Patenten aus. Rückkehrende nach Deutschland haben im internationalen Vergleich besonders viele Patente.

Abb. B2-11 Anzahl und Qualität der Patente von Erfinderinnen und Erfindern verschiedener Mobilitätstypen, differenziert nach Ländern 2000–2020

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Nach Deutschland zuziehende Erfinderinnen und Erfinder sind auf durchschnittlich 9,4 Patentanmeldungen genannt. Die Patente von nach Deutschland zuziehenden Erfinderinnen und Erfindern werden im Durchschnitt vier Mal zitiert.
Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung in Anlehnung an Karaulova et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Die durchschnittliche Qualität der Patente unterscheidet sich weniger stark zwischen Ländern und Mobilitätstypen. Patente von Nicht-Mobilen werden über alle Länder hinweg weniger häufig zitiert als Patente von mobilen Erfinderinnen und Erfindern. Innerhalb der Gruppe der mobilen Erfinderinnen und Erfinder lassen sich keine wesentlichen Unterschiede in der Qualität der Patente erkennen. Im internationalen Vergleich zeigt sich, dass Patente aus Deutschland über fast alle Mobilitätstypen hinweg unterdurchschnittlich häufig zitiert werden. Dieser Unterschied zwischen Anzahl und Qualität der Patente wird insbesondere bei den Rückkehrenden nach Deutschland deutlich. Sie haben im internationalen Vergleich die meisten Patente, allerdings mit der geringsten Qualität.

B 2-4 Entwicklungen seit dem Jahresgutachten 2014

Bereits im Jahresgutachten 2014 befasste sich die Expertenkommission mit der internationalen Mobilität im deutschen Wissenschafts- und Innovationssystem. Dabei kam sie zu der Einschätzung, dass der Standort Deutschland für Spitzenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sowie für Erfinderinnen und Erfinder nicht besonders attraktiv war.

Für internationale Standortwechsel von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern stehen Beweggründe im Vordergrund, die mit der Exzellenz des Wissenschaftssystems im Herkunfts- und Zielland zusammenhängen. Diese Beweggründe wurden bereits im Jahresgutachten 2014 ausführlich dargelegt.³⁰⁹ Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zieht es dorthin, wo sie die besten Forschungsbedingungen vorfinden.³¹⁰ Hierzu gehören vor allem gute Karriereperspektiven, die Reputation der Forschungsinstitutionen, die Forschungsinfrastruktur sowie freie Meinungsäußerung und Freiheit bei der Auswahl und Durchführung von Forschungsprojekten. Empirische Untersuchungen zeigen, dass FuE-Beschäftigte primär in die Länder abwandern, in denen sie sehr gute Forschungs- und Innovationsbedingungen – angenähert durch hohe FuE-Ausgaben im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt – vorfinden.³¹¹

Die Handlungsempfehlungen der Expertenkommission aus dem Jahr 2014 zielten folglich auf einen massiven und konsequenten Ausbau der Stärken

des deutschen Wissenschafts- und Innovationssystems ab, um besonders für das Spitzensegment international wettbewerbsfähige Forschungsbedingungen zu ermöglichen. Tatsächlich wurden in den letzten zehn Jahren verschiedene Maßnahmen auf den Weg gebracht, um den Wissenschafts- und Innovationsstandort Deutschland für internationale Spitzenkräfte attraktiver zu machen.

Rahmenbedingungen für internationale Mobilität verbessert

Hinsichtlich der Zuwanderung von ausländischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten wurden seit 2014 eine Reihe von Anpassungen des rechtlichen Rahmens vorgenommen, mit dem Ziel, administrative Hürden zu verringern (vgl. Box B 2-12).

Für die Anwerbung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Ausland, darunter Rückkehrende, wurden spezielle Förderprogramme wie die Alexander von Humboldt-Professuren eingeführt, ausgebaut und weiterfinanziert. Auch exzellenzorientierte Maßnahmen zur Erhöhung der allgemeinen Attraktivität des Wissenschaftsstandortes wie das Emmy-Noether-Programm, die Förderaktivitäten im Rahmen der Exzellenzinitiative bzw. der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder und das Tenure-Track-Programm fördern die Anwerbung international mobiler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (vgl. Box B 2-13). Studienergebnisse deuten darauf hin, dass diese Programme es geschafft haben, die Attraktivität des Wissenschaftssystems zu steigern.³¹²

Mobilitätssaldo erhöht, demografische Herausforderungen groß

Ein Vergleich zwischen den Befunden dieses Gutachtens und den Ergebnissen des Gutachtens 2014 lässt deutliche Entwicklungen in Richtung einer höheren internationalen Mobilität von Autorinnen und Autoren wissenschaftlicher Publikationen erkennen.³¹³ Die Anzahl von zu- und wegziehenden Autorinnen und Autoren ist in Deutschland im Zeitraum von 2005 bis 2020 im Vergleich zum Zeitraum von 1996 bis 2011 von ca. 40.000 auf ca. 70.000 gestiegen.³¹⁴ Dabei hat sich Deutschland von einem Nettogebier- zu einem Nettoempfängerland entwickelt. Während im Gutachten 2014 noch von einem Nettowegzug von ca. 4.000 Autorinnen und Autoren über den Zeitraum von 1996 bis 2011

Box B 2-12 Rechtliche Anpassungen für internationale Mobilität zu Forschungs- und Entwicklungszwecken

Im Jahr 2014 wurden von der Expertenkommission verschiedene rechtliche Probleme und Herausforderungen identifiziert, die den Prozess der Anwerbung und Integration von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie von FuE-Beschäftigten beeinträchtigten. Zu den Hauptproblemen gehörten u.a. unklare und komplexe rechtliche Rahmenbedingungen, das Fehlen einer effizienten Informationsvermittlung und strikte Einkommensanforderungen.³¹⁵ Zwischenzeitlich wurden rechtliche Anpassungen vorgenommen, um den Aufenthalt zu Forschungszwecken zu erleichtern. Insbesondere die Einführung der Paragraphen § 18d, § 18e, und § 18f des Aufenthaltsgesetzes sowie der ICT-Karte (Intra-Corporate Transfer) haben wesentliche Verbesserungen in der Regelung der Aufenthalts- und Arbeitserlaubnis gebracht.

Die Paragraphen § 18d-f des Aufenthaltsgesetzes betreffen die Aufenthaltserlaubnis zu Forschungszwecken. Gemäß § 18d wird eine Aufenthaltserlaubnis für Forschungszwecke erteilt, ohne dass die Zustimmung der Bundesagentur für Arbeit erforderlich ist, wenn eine wirksame Aufnahme-

vereinbarung mit einer anerkannten Forschungseinrichtung vorliegt und die Kosten von der Forschungseinrichtung getragen werden. § 18e ermöglicht ausländischen Forscherinnen und Forschern, die bereits in einem EU-Mitgliedstaat einen Aufenthaltstitel zum Zweck der Forschung haben, bis zu 180 Tage in Deutschland zu forschen, ohne einen weiteren Aufenthaltstitel beantragen zu müssen. § 18f regelt die Aufenthaltserlaubnis für Forscherinnen und Forscher, die länger als 180 Tage in Deutschland bleiben möchten, und bietet einen Weg zur Erlangung der notwendigen Erlaubnisse.

Die ICT-Karte, geregelt in den Paragraphen § 19, § 19a und § 19b des Aufenthaltsgesetzes, ist ein weiteres wichtiges Instrument. Es handelt sich um einen Aufenthaltstitel zum Zweck eines unternehmensinternen Transfers von Drittstaatsangehörigen innerhalb eines internationalen Unternehmens oder Konzerns. Die ICT-Karte erleichtert und vereinfacht die Abordnung von Hochqualifizierten, die außerhalb der EU ansässig sind, erheblich. Dies ist besonders relevant für die Mobilität von FuE-Beschäftigten, weil sie klare Bedingungen und Kriterien für die Abordnung bietet und gleichzeitig die Möglichkeit für kurzfristige Aufenthalte bis zu 90 Tage ohne einen weiteren Aufenthaltstitel ermöglicht.

berichtet wurde³¹⁶, zeigt sich für den Zeitraum von 2005 bis 2020 ein Nettozuzug von über 5.000 Autorinnen und Autoren.³¹⁷

Die Mobilitätsrate von Erfinderinnen und Erfindern hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten kaum verändert und lag für den Zeitraum von 2000 bis 2020 relativ stabil bei 6 Prozent. Dabei hat sich die Nettoabwanderung von Erfinderinnen und Erfindern im Zeitablauf verringert. Im Jahr 2020 wurde erstmals eine Nettozuwanderung verzeichnet.³¹⁸

Es ist jedoch ungeklärt, ob diese positiven Entwicklungen ausreichen, um die durch die demografische Alterung und den generellen Fachkräftemangel verursachten Herausforderungen bei der Deckung des Personalbedarfs im deutschen Wissenschafts- und Innovationssystem zu meistern.³¹⁹

B2-5 Weiterhin bestehende Hemmnisse

Zwar hat Deutschland in den letzten 15 Jahren einen Nettozuzug von Autorinnen und Autoren erfahren. Auch ist es gelungen, viele Spitzenforscherinnen und -forscher nach Deutschland zurückzuholen. Insgesamt sind die nach Deutschland Zuziehenden jedoch im Durchschnitt weniger gut wissenschaftlich ausgewiesen als diejenigen, die aus Deutschland wegziehen. Dies deutet darauf hin, dass es noch Potenzial gibt, die Exzellenz und Attraktivität des deutschen Wissenschaftsstandorts in der Breite zu verbessern.

Box B 2-13 Ausgewählte Förderprogramme im Wissenschaftssystem

Bereits 2014 wies die Expertenkommission darauf hin, dass Maßnahmen der 2005 gestarteten Exzellenzinitiative eine besondere Anziehungskraft auf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Ausland ausüben können.³²⁰ Mit der Exzellenzinitiative wurden über zwei Phasen und mehreren Förderlinien (Graduiertenschulen, Exzellenzcluster und Zukunftskonzepte) erhebliche Mittel bereitgestellt, um Projekte an ausgewählten Universitäten zu fördern, die Forschungszusammenarbeit zu verbessern und die Forschungsproduktivität zu steigern.³²¹ Im Jahr 2016 wurde die Exzellenzinitiative von der Exzellenzstrategie abgelöst.³²²

Die im Jahr 2008 eingeführte Alexander von Humboldt-Professur zielt darauf ab, weltweit führende, im Ausland tätige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler langfristig für das deutsche Wissenschaftssystem zu gewinnen. Eine Alexander von Humboldt-Professur wird mit bis zu fünf Millionen Euro über einen Zeitraum von fünf Jahren und ggf. zwei Jahre Verlängerung gefördert.³²³

Das Emmy-Noether-Programm³²⁴ wurde 1999 ins Leben gerufen, um besonders qualifizierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern nach ihrer Promotion eine Phase der selbstständigen Forschung zu ermöglichen. Das Programm ermöglicht es den Geförderten, für einen Zeitraum von in der Regel sechs Jahren eine eigene Nachwuchsgruppe zu leiten und sich dadurch für eine Professur zu qualifizieren. Das Emmy-Noether-Programm fördert die internationale Mobilität, indem es von den Antragstellenden internationale Forschungserfahrung verlangt und den Aufbau von internationalen Netzwerken unterstützt.

Das im Jahr 2016 eingeführte Bund-Länder-Programm³²⁵ soll Tenure-Track-Professuren strukturell stärker etablieren, um die Karrierewege in der Wissenschaft transparenter und planbarer zu gestalten. Das Programm ermöglicht es den Teilnehmenden, nach einer erfolgreichen Bewährungsphase direkt in eine Lebenszeitprofessur übernommen zu werden. Das Programm zielt darauf ab, attraktive Bedingungen für talentierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu schaffen.

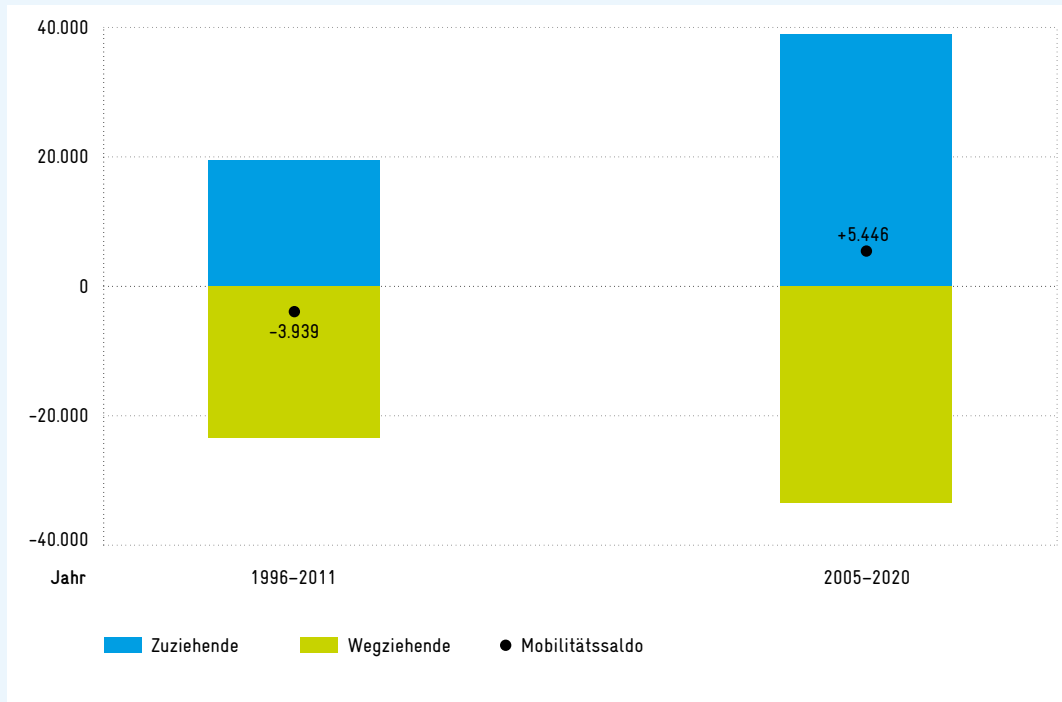
Verwaltungsprozesse ineffizient und aufwendig

Aktuelle Umfragen unter ausländischen Fachkräften, die grundsätzlich bereit sind, nach Deutschland zuzuwandern, zeigen, dass langwierige, komplexe und bisweilen intransparente Verwaltungsprozesse zu den größten aktuellen Hemmnissen der Fachkräftezuwanderung zählen.³²⁶ In Expertengesprächen wurde auf die langwierigen Verfahren der Visavergabe in den deutschen Auslandsvertretungen hingewiesen. Auch die Überlastung von Ausländerbehörden sowie die unterschiedliche Auslegung von Gesetzen, Regelungen und Prozessen je nach Standort wurden als Hemmnis angegeben.³²⁷ Zumindest größere Arbeitgeber wie etwa Konzerne oder Universitäten können dies – allerdings mit erheblichem Aufwand – über die direkte Ansprache der Behörde häufig mindern.³²⁸

Wechsel zwischen Sozialversicherungssystemen komplex

Unzureichend harmonisierte Anerkennungsverfahren zwischen nationalen Sozialversicherungssystemen erschweren die Zuwanderung von ausländischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten und stellen damit Mobilitätshemmnisse dar.³²⁹ Insbesondere für potenziell zuwandernde Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellen komplexe und undurchsichtige Anrechnungsverfahren bei Renten- und Pensionsanwartschaftszeiten sowie uneinheitliche Regelungen zur Mitnahme der vorhandenen Pensionsansprüche bei einem späteren Ausscheiden aus dem Beamtenverhältnis und Wechsel in ein Drittland Hemmnisse dar.³³⁰

Abb. B2-14 Anzahl wegziehender und zuziehender Autorinnen und Autoren sowie der Mobilitätssaldo im Vergleich zwischen 1996–2011 und 2005–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: Im Zeitraum zwischen 2005 und 2020 kamen 38.973 Autorinnen und Autoren in das deutsche Wissenschaftssystem und verblieben hier. Gleichzeitig verließen 33.527 Autorinnen und Autoren das deutsche Wissenschaftssystem und kehrten nicht zurück. Daraus ergibt sich ein positiver Mobilitätssaldo von 5.446.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Coda-Zabetta et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Zuwanderung durch Sprachbarrieren behindert

Eine aktuelle Studie zu den Herausforderungen der Zuwanderung ins deutsche Wissenschaftssystem betont zudem, dass die deutsche Sprache zu den größten Hürden gehört, denen sich internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Berufungsverfahren, in der Administration, bei der akademischen Selbstverwaltung und in der Lehre gegenübersehen.³³¹

Kommunikation der Standortvorteile bedeutsam

Weder international wettbewerbsfähige Arbeits- und Forschungsbedingungen noch ein exzellentes Forschungsumfeld verbessern die Position Deutschlands im internationalen Wettbewerb um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie um FuE-Beschäftigte, wenn diesen die Vorteile des Standorts Deutschland nicht bewusst sind. Zentrale Akteure, die die Anwerbung, Attrahierung und Einbindung in das deutsche Wissenschafts- und Innovationssystem koordinieren³³², sind neben den Arbeitgebern

die Auslandsrepräsentanzen von Einrichtungen wie der DFG oder dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD).³³³ Regelmäßig drohende Budgetkürzungen bei vielen dieser Institutionen beschränken deren Handlungsspielraum.

B2-6 Handlungsempfehlungen

Die in diesem Kapitel präsentierten Analysen deuten darauf hin, dass Deutschland in einem intensiven Wettbewerb mit einigen anderen Ländern um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigte im Spitzenbereich steht und hierbei durchaus erfolgreich ist. Insgesamt befindet sich Deutschland auf einem positiven Entwicklungspfad. Allerdings verbleibt ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Standortattraktivität. Der Bundesregierung kommt dabei eine wichtige Rolle zu, da sie die politischen Rahmenbedingungen für die internationale Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten gestaltet.

Regelungen für internationale Mobilität vereinfachen und Verwaltungsprozesse beschleunigen

Komplizierte und langwierige Verwaltungsprozesse sowie teilweise unterschiedlich ausgelegte Rechtsvorschriften beeinträchtigen die internationale Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten. Dies beeinträchtigt die Gewinnung von internationalen Spitzenkräften aus dem Nicht-EU-Ausland. Hinderlich sind insbesondere komplexe Regelungen bei Aufenthaltstiteln und lange Wartezeiten bei den Auslandsvertretungen sowie langwierige Verwaltungsprozesse bei Ausländerbehörden. Die Expertenkommission empfiehlt folgende Maßnahmen:

- Ein auf dem Onlinezugangsgesetz (OZG) aufbauendes digitales, perspektivisch auch KI-gestütztes System, das alle Prozessbeteiligten (Auslandsvertretungen, Ausländerbehörden, Einwohnermeldeämter, Forschungseinrichtungen bzw. Unternehmen und Zuwanderungswillige) miteinander verknüpft, sollte aufgebaut werden. Dabei ist vorzusehen, dass einzelne Teilprozesse, wie die Anerkennung ausländischer Bildungs- und Berufsabschlüsse, digitalisiert, beschleunigt und in einen Gesamtprozess integriert werden.
- Um eine zeitnahe Bearbeitung von Visaanträgen zu gewährleisten, sollten Auslandsvertretungen organisatorisch und, sofern notwendig, auch personell gestärkt werden.
- Umfassende und aktuelle Informationen zu Themen wie Visaprozessen, Arbeits- und Aufenthaltserlaubnissen, Kranken- und Rentenversicherung und soziale Sicherung sollten digital auf Englisch und in weiteren relevanten Sprachen bereitgestellt werden.

Speziell bei der internationalen Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern kann die – im internationalen Vergleich an sich attraktive – Verbeamtung zu administrativen Problemen führen, etwa durch Unsicherheit darüber, in welchem Umfang vorherige Beschäftigungszeiten

zu Versorgungsansprüchen führen. Die Expertenkommission empfiehlt:

- Die Bundesregierung sollte sich bei den Ländern dafür einsetzen, dass standardisierte und digitalisierte Verfahren eingeführt werden, um diese Entscheidungen zu beschleunigen und internationalen Bewerberinnen und Bewerbern bereits frühzeitig Gewissheit über die Höhe ihrer Versorgungsansprüche zu geben.

Harmonisierung der Regelungen auf EU-Ebene vorantreiben

Die fehlende Harmonisierung rechtlicher Rahmenbedingungen auf EU-Ebene stellt ein wesentliches Hindernis internationaler Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten dar. Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich den kürzlich von der Bundesregierung beschlossenen Nationalen Aktionsplan für den Europäischen Forschungsraum, in dem auch der Abbau bürokratischer Hürden geplant ist.³³⁴ Für eine generelle Vereinfachung internationaler Mobilität geht der Aktionsplan jedoch nicht weit genug und bleibt an zentralen Punkten zu vage.

- Die Bundesregierung sollte sich auf EU-Ebene für eine Harmonisierung der Regelungen zur Übertragbarkeit von kombinierten anrechenbaren Wartezeiten zur Rentenversicherung einsetzen. Zudem sollten Renteninformationen und Rentenansprüche bei Anwartschaft in mehreren EU-Ländern nicht für jedes Land einzeln, sondern zentral geltend gemacht werden können.
- Die Bundesregierung sollte sich bei den Ländern dafür einsetzen, dass einheitliche Regelungen zur Nachversicherung in der Rentenversicherung bei freiwilligem Ausscheiden aus dem Beamtenverhältnis (beispielsweise Altersgeldregelungen) geschaffen werden. Diese sollten auch alle Fälle umfassen, in denen Beamte eine neue Tätigkeit in einem Nicht-EU-Land aufnehmen.

Exzellenzförderung im Wissenschaftssystem ausbauen

Die bereits existierenden Fördermaßnahmen tragen dazu bei, internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anzuziehen und in Deutschland zu halten. Exzellente Universitäten und Forschungseinrichtungen, Fakultäten und Forschungsteams stellen einen wichtigen Anziehungsfaktor für ausländische Spitzenforscherinnen und -forscher dar. Zudem können sie aus Deutschland abgewanderte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Rückkehr bewegen.

- Initiativen und Programme der Alexander von Humboldt-Stiftung und der DFG zur Anwerbung und Rückgewinnung von leistungsfähigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Ausland sollten weiter ausgebaut werden.
- Das Bund-Länder-Programm zur Schaffung von Tenure-Track-Professuren sollte mit dem klaren Fokus ausgebaut werden, die neu geschaffenen Positionen konsequent anschlussfähig an den internationalen Arbeitsmarkt auszugestalten, um internationale Forschungskarrieren zu unterstützen und

internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anzuziehen. Dazu sollten Stellen attraktiv entlohnt im Angestelltenverhältnis ausgeschrieben werden.

- Um die internationale Attraktivität des Wissenschaftsstandorts Deutschland auch unterhalb der Professur zu stärken, sollte das Tenure-Track-Prinzip auch für Stellen im akademischen Mittelbau stärker genutzt werden.³³⁵

Finanzielle Voraussetzungen sichern

Die Einrichtungen des deutschen Wissenschaftssystems benötigen die finanziellen Voraussetzungen, um einen Beitrag zur Internationalisierung zu leisten und die internationale Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu fördern.

- Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass bei Bund-Länder-Vereinbarungen zur Hochschulfinanzierung der Internationalisierung der Hochschule ein hoher Stellenwert eingeräumt wird.
- Die im Koalitionsvertrag festgelegten Zuwächse der Grundfinanzierung des DAAD sollten eingehalten und langfristig gesichert werden.

B3 Soziale Innovationen – wesentliches Element zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen



[Download der
Abbildung
und Daten](#)





B 3 Soziale Innovationen – wesentliches Element zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen

In den letzten Jahren ist in Gesellschaft und Politik das Bewusstsein gewachsen, dass die mit den großen gesellschaftlichen Herausforderungen wie Klimawandel, demografischer Alterung oder Digitalisierung verbundenen Transformationen nicht allein durch technologische Veränderungen umgesetzt werden können. Es bedarf vielmehr auch Veränderungen im individuellen und kollektiven Verhalten, die – oft im Zusammenspiel mit neuen Technologien – diese Transformationen vorantreiben. Derartige Veränderungen bezeichnet man als soziale Innovationen. Sie werden von Politik und Gesellschaft zunehmend in den Blick genommen. Bereits 2011 hob die Europäische Union (EU) hervor, dass sozialen Innovationen bei der Bewältigung gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Herausforderungen eine wesentliche Rolle zukommt.³³⁶ Seitdem hat die Bedeutung sozialer Innovationen in den forschungs- und innovationspolitischen (F&I-politischen) Debatten in der EU zugenommen. In jüngster Zeit unterstreichen die Missionen, die als neuartige Elemente in das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation, „Horizon Europe“, aufgenommen wurden, das EU-weit zunehmende Interesse an sozialen Innovationen.³³⁷ Insbesondere transformative Missionen setzen auf das Zusammenspiel von technologischen und sozialen Innovationen, um die notwendigen Transformationen etwa in den Bereichen Energieversorgung, Mobilität, Gesundheit und Nahrungsmittelversorgung voranzutreiben.³³⁸

Die Bundesregierung hat die Bedeutung sozialer Innovationen erkannt und im September 2023 die Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen verabschiedet.³³⁹

Die Expertenkommission hat in ihrem Jahresgutachten 2016 auf die Bedeutung sozialer Innovationen für die Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen hingewiesen.³⁴⁰ Im vorliegenden Kapitel soll das Thema ausführlicher beleuchtet werden. Trotz eines breiten Konsenses über die Relevanz sozialer Innovationen für den gesellschaftlichen Wandel herrscht Uneinigkeit darüber, was eigentlich unter einer sozialen Innovation zu verstehen ist.³⁴¹ Diese Uneinigkeit hat Auswirkungen auf die Datenerhebung und damit auf die verfügbare Datenbasis und erschwert quantitative Forschung und Wirkungsmessung. Einer evidenzbasierten F&I-Politik in Bezug auf soziale Innovationen fehlt damit eine solide empirische Grundlage.

Um die Potenziale sozialer Innovationen für die Gesellschaft besser zu nutzen, empfiehlt die Expertenkommission die Entwicklung einer einheitlichen Indikatorik und Datengrundlage zu sozialen Innovationen, die Öffnung bestehender Programme zur Innovationsförderung für soziale Innovationen sowie Maßnahmen zur Förderung der Bekanntheit und Generalisierung sozialer Innovationen. Die kürzlich veröffentlichte Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen der Bundesregierung setzt hierbei bereits wichtige Impulse.

B 3-1 Soziale Innovationen und Sozialunternehmen

Soziale Innovationen: neue Lösungsansätze für gesellschaftliche und wirtschaftliche Problemstellungen

Soziale Innovationen werden in der Literatur unterschiedlich definiert. Einige Definitionen zielen auf neue individuelle und kollektive Verhaltensweisen und damit auf Veränderungsprozesse ab.³⁴² Andere Definitionen sehen soziale Innovationen ausschließlich als neue Ansätze zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen und legen den Fokus auf deren Zielsetzung.³⁴³ Schließlich gibt es auch Definitionen, die bei sozialen Innovationen sowohl die Veränderungsprozesse als auch die Zielsetzung hervorheben.³⁴⁴ Nicht selten wird bei der Klärung des Begriffs der sozialen Innovation auf eine klare Definition verzichtet und lediglich auf Beispiele verwiesen. Einige Beispiele für soziale Innovationen finden sich in Box B 3-1.

Das Spektrum der Initiatorinnen und Initiatoren sozialer Innovationen ist breit. Es erstreckt sich von Einzelpersonen und Haushalten über informelle Gruppen und Bewegungen bis hin zu Organisationen einschließlich Sozialunternehmen und gewinnorientierten Unternehmen.³⁴⁵ Die Motive für soziale Innovationen sind dabei durchaus unterschiedlich und reichen von der Suche nach innovati-

ven Lösungen für gesellschaftliche und wirtschaftliche Probleme bis hin zu Gewinnerzielungs- und Reinvestitionsabsichten.³⁴⁶

Soziale Innovationen werden somit nicht notwendigerweise in einem institutionalisierten und formalisierten Rahmen entwickelt, sondern können auch selbstorganisiert aus der Gesellschaft heraus entstehen. Nicht selten stehen sie in Verbindung mit technologischen Innovationen. Soziale Innovationen sind in vielen Fällen auf lokaler oder nachbarschaftlicher Ebene zu beobachten, wo neue Ansätze und Ideen als Reaktion auf lokale Herausforderungen entstanden sind, wie z. B. die Tafeln³⁴⁷ oder die Mitfahrbänke zur Förderung der Mobilität.³⁴⁸ Daneben zeigen sich soziale Innovationen auch im überregionalen Kontext, insbesondere wenn es sich um digital unterstützte soziale Innovationen handelt, wie etwa Crowdfunding.

Ausgehend von diesen konzeptionellen Überlegungen definiert die Expertenkommission soziale Innovationen als neue individuelle und kollektive Verhaltensweisen sowie Organisationsformen, die zur Lösung gesellschaftlicher oder wirtschaftlicher Probleme beitragen und damit einen gesellschaftlichen Mehrwert schaffen. Sie werden von unterschiedlichen Akteuren wie Einzelpersonen, Haushalten, Gruppen und Unternehmen entwickelt. Sie können, müssen aber nicht, mit technologischen Innovationen im Zusammenhang stehen.

Box B 3-1 Beispiele für soziale Innovationen

- Mehrgenerationenhäuser: Mehrgenerationenhäuser sind Orte, an denen Menschen unterschiedlichen Alters zusammenkommen, um voneinander zu lernen, sich gegenseitig zu unterstützen und gemeinsame Aktivitäten durchzuführen. Sie fördern den Austausch zwischen den Generationen und tragen zur Stärkung des sozialen Zusammenhalts bei.
- Bürgerenergiegenossenschaften: Bürgerenergiegenossenschaften sind Zusammenschlüsse von Bürgerinnen und Bürgern, die gemeinsam Projekte zu erneuerbaren Energien entwickeln und betreiben. Sie ermöglichen es den Menschen, sich aktiv an der Energiewende zu beteiligen und die lokale Energieversorgung zu fördern.
- Online-Vernetzungsplattformen: Online-Vernetzungsplattformen sind eine digitale soziale Innovation. Sie verbinden Menschen digital miteinander und ermöglichen den Austausch von Informationen, Ideen und Ressourcen.
- Crowd Economy: Die Crowd Economy ermöglicht es Einzelpersonen, Ressourcen zu teilen, Projekte zu finanzieren und Dienstleistungen anzubieten. Durch die Beteiligung einer großen Anzahl von Menschen können innovative Ideen umgesetzt werden, die sonst möglicherweise nicht realisiert würden.

Ausgehend von einem häufig verwendeten Prozessmodell³⁴⁹ lässt sich die Entwicklung von sozialen Innovationen in drei idealtypische Phasen einteilen: die Nischenbildung, die Nischenreifeung und die Generalisierung.³⁵⁰ In der ersten Phase, der Nischenbildung, erfolgt die Identifizierung sozialer Problemstellungen und die Operationalisierung erster Ideen, wie diese Probleme gelöst werden könnten. In dieser Phase der Initiierung, Entwicklung und frühen operativen Arbeit werden kreative Ideen und Lösungsansätze entwickelt, die über herkömmliche Denkweisen und etablierte Strukturen hinausgehen. Dabei werden auch Nutzerinnen und Nutzer der sozialen Innovation aktiv an der Entwicklung beteiligt, was zu einer erhöhten Akzeptanz und damit einer höheren Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Umsetzung der Innovation beitragen kann. Die Ideen und Lösungen der Akteure

sozialer Innovationen werden in dieser Phase in einem begrenzten Raum praktisch getestet und gegebenenfalls an die jeweilige Problemstellung angepasst.³⁵¹ In der zweiten Phase, der Nischenreifeung, treten die sozialen Innovationen aus dem Erprobungskontext heraus. Abschließend erfolgt die dritte Phase, die Generalisierung, in der die sozialen Innovationen in anderen Kontexten erprobt und gegebenenfalls an diese angepasst werden. In dieser Phase interagieren die Akteure der sozialen Innovationen verstärkt mit dem institutionellen und politischen Umfeld und können dadurch einen gesellschaftlichen Wandel hervorrufen.³⁵² Die Generalisierung sozialer Innovationen kann durch neue technologische Entwicklungen unterstützt werden. Digitale soziale Innovationen setzen z. B. auf digitale Technologien, um ihre Generalisierung voranzutreiben.³⁵³

Box B 3-2 Externe Effekte, öffentliche Güter und Trittbrettfahrerverhalten

Technologische externe Effekte einer Handlung liegen vor, wenn die Konsequenzen des eigenen Handelns nicht allein die handelnde Person betreffen. Diese Effekte sind positiv, wenn die Vorteile einer Handlung sich (auch) auf andere Personen erstrecken, ohne dass die handelnde Person dafür von den begünstigten Personen eine Kompensation erhält. Das bedeutet, dass der gemeinsame Vorteil einer Handlung größer ist als der Vorteil, der auf die handelnde Person entfällt. Wenn sich eine Person in ihrer Entscheidung vorrangig an den eigenen Vor- und Nachteilen der Handlung orientiert, kann es vorkommen, dass sie sich gegen eine Handlung entscheidet, weil die individuellen Nachteile die Vorteile überwiegen – und das, obwohl die gesamtgesellschaftlichen Vorteile die gesamtgesellschaftlichen Nachteile übertreffen. Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht wäre die Handlung optimal, aus individueller Sicht des Handelnden lohnt sie sich jedoch nicht. Im Kontext sozialer Innovationen impliziert dies eine gesellschaftlich nicht optimale Bereitstellung dieser Innovationen und kann sich darin äußern, dass zu wenige Projekte initiiert und/oder dass die initiierten Projekte in zu geringem Umfang durchgeführt werden. Damit die Diskrepanz zwischen privaten und gesamtgesellschaftlichen Anreizen aufgelöst wird, könnten sich die Begüns-

tigten entschließen, sich an den Umsetzungskosten zu beteiligen oder die Umsetzenden für die gesamtgesellschaftlichen Vorteile zu entschädigen. Man spricht dann von einer „Internalisierung“ des externen Effekts. Nicht immer ist eine solche Kompensation auf freiwilliger Basis möglich, z. B. wenn ein öffentliches Gut bereitgestellt wird.

Man spricht von einem öffentlichen Gut, wenn Nicht-Rivalität im Nutzen und Nicht-Ausschließbarkeit von der Nutzung vorliegen. Nicht-Rivalität bedeutet, dass die Nutzung durch eine Person den Nutzen anderer nicht einschränkt.³⁵⁴ So wird beispielsweise der Nutzen, den eine einzelne Person aus einer saubereren Umwelt oder eine Gesellschaft mit weniger Armut zieht, nicht dadurch geschmälert, dass auch andere eine saubere Umwelt und eine Gesellschaft mit weniger Armut zu schätzen wissen. Von Nicht-Ausschließbarkeit spricht man, wenn niemand von der Nutzung eines Gutes ausgeschlossen werden kann, sobald das Gut bereitgestellt wird. So ist es nicht möglich, andere von den Vorteilen z. B. einer besseren Luftqualität auszuschließen.

In Fällen von Nicht-Ausschließbarkeit besteht die Möglichkeit des Trittbrettfahrens, d. h. die Möglichkeit, vom Erfolg einer Innovation zu profitieren, ohne sich an deren Finanzierung zu beteiligen.

Die Wirkungen sozialer Innovationen beschränken sich häufig nicht allein auf die unmittelbar an ihnen beteiligten Akteure. Die erzielten Erfolge z. B. bei der Bekämpfung des Klimawandels, beim Umweltschutz oder beim erleichterten Zugang zu Bildung und Gesundheitsversorgung verbessern die Lebensbedingungen weiter Teile der Gesellschaft. Solche sogenannten positiven externen Effekte spiegeln sich in den Marktpreisen für die Leistungen sozialer Innovationen jedoch nicht wider. Das kann die Bereitschaft der sozialen Innovatorinnen und Innovatoren reduzieren, sich in diesen Projekten stärker finanziell oder durch mehr Realleistungen zu engagieren.

Für die nachhaltige Bereitstellung sozialer Innovationen kann zusätzlich die Problematik eines Trittbrettfahrerverhaltens auftreten, sofern die Leistungen einer sozialen Innovation für die Nutznießerinnen und Nutznießer ein öffentliches Gut darstellen (vgl. Box 3-2). Diese Leistungen können sie in Anspruch nehmen, ohne sich finanziell oder durch Realleistungen zu beteiligen. Beides, die positiven externen Effekte und das Trittbrettfahrerverhalten, können sowohl die Entstehung von sozialen Innovationen als auch deren Verbreitung oder Generalisierung behindern.³⁵⁵

Bei der Bereitstellung sozialer Innovationen kann die Problematik auftreten, dass gesellschaftlich nicht erwünschte oder zumindest umstrittene Ergebnisse und Lösungen entstehen. Wirkungsmessung und Folgenabschätzung sozialer Innovationen müssen daher versuchen, auch diese unerwünschten oder ambivalenten Wirkungen zu berücksichtigen. Denn ebenso, wie die positiven Wirkungen sozialer Innovationen mit externen Effekten einhergehen können, die zu einer zu geringen Innovationstätigkeit bzw. Verbreitung konkreter sozialer Innovationen führen, können soziale Innovationen negative externe Effekte auslösen. Werden diese nicht internalisiert, können sich soziale Innovationen mit negativen gesellschaftlichen Effekten ausbreiten. Die Folgenabschätzung sozialer Innovationen darf sich daher nicht allein auf die Messung der durch die Innovation intendierten positiven Wirkungen beschränken, sondern muss auch die negativen Wirkungen berücksichtigen, insbesondere wenn diese nicht nur auf den Kreis der Nutzerinnen und Nutzer beschränkt sind.³⁵⁶

Transformationen durch soziale Innovationen unterstützt

Die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen – wie Klimawandel, demografische Alterung oder Digitalisierung – erfordert neben neuen Technologien auch neue individuelle und kollektive Verhaltensweisen. Nicht selten sind diese neuen Verhaltensweisen notwendig, um einerseits den Einsatz radikal neuer technologischer Lösungen erst zu ermöglichen und um andererseits unerwünschte technologische und gesellschaftliche Neben- und Folgewirkungen zu reduzieren. Soziale Innovationen sind daher gerade im Bereich der gesellschaftlichen Transformationen notwendig.³⁵⁷

Diese spezifische Anbindung sozialer Innovationen an die Transformationen hat dazu geführt, dass einige Definitionen sozialer Innovationen explizit den Beitrag benennen, den sie zur Bewältigung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen leisten sollen. Die Bundesregierung folgt dieser Logik, indem sie soziale Innovationen als „neue soziale Praktiken und Organisationsmodelle“ definiert, „die zu tragfähigen und nachhaltigen Lösungen für die Herausforderungen unserer Gesellschaft beitragen.“³⁵⁸ Sie stellt dabei ihre Überlegungen zu sozialen Innovationen unmittelbar in den Kontext der 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung, der Sustainable Development Goals (SDGs), und damit in den Kontext der Transformationen.³⁵⁹ Die Expertenkommission erkennt den hohen Stellenwert dieses Kontextes an und verweist darauf, dass sie in ihrem Jahresgutachten 2021³⁶⁰ die sozialen Innovationen als einen zentralen Mechanismus im Konzept der marktorientierten katalytischen Missionsorientierung der F&I-Politik hervorgehoben hat. Die im vorliegenden Kapitel vorgetragenen konzeptionellen Betrachtungen zeigen aber auch, dass die Bedeutung sozialer Innovationen über diesen Kontext hinausgeht.

Sozialunternehmen gesellschaftlich orientiert

Ähnlich wie bei sozialen Innovationen gibt es keine allgemein anerkannte und damit einheitliche Definition von Sozialunternehmen, weder weltweit noch innerhalb der EU.³⁶¹ Die Europäische Kommission definiert Sozialunternehmen als Unternehmen, „für die das soziale oder gesellschaftliche gemeinnützige Ziel Sinn und Zweck ihrer Geschäftstätigkeit darstellt, was sich oft in einem hohen Maße an sozialer Innovation äußert“³⁶². Zusätzlich

zeichnen sich Sozialunternehmen nach der Definition der Europäischen Kommission dadurch aus, dass sie ihre Gewinne größtenteils reinvestieren, um dadurch das angestrebte soziale Ziel zu erreichen. Außerdem spiegeln die Organisations- bzw. Eigentumsverhältnisse dieses Ziel wider, da Sozialunternehmen an den Prinzipien der Mitbestimmung, der Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter oder der sozialen Gerechtigkeit ausgerichtet sind.³⁶³ Die in Deutschland ebenso verwendete Definition des Social Entrepreneurship Netzwerk Deutschland (SEND) definiert Sozialunternehmertum über das Ziel der Bewältigung einer gesellschaftlichen Herausforderung. Dieses Ziel „wird durch kontinuierliche Nutzung unternehmerischer Mittel erreicht und resultiert in neuen und innovativen Lösungen. Durch steuernde und kontrollierende Mechanismen wird sichergestellt, dass die gesellschaftlichen Ziele intern und extern gelebt werden.“³⁶⁴

Sozialunternehmen haben demnach das vorrangige Ziel, gesellschaftliche Herausforderungen anzugehen, wobei ihr Handeln von unternehmerischen Prinzipien geleitet wird.³⁶⁵ Sozialunternehmen verfolgen somit zwei Ziele: finanzielle Nachhaltigkeit und einen sozialen Zweck.³⁶⁶

Sozialunternehmen werden von der Politik als Akteure wahrgenommen, die in besonderem Maße soziale Innovationen hervorbringen oder deren Verbreitung unterstützen. Die Bundesregierung hat in ihrer Nationalen Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen die Vielfalt der Akteure betont, die soziale Innovationen vorantreiben. Dabei hebt die Bundesregierung die Bedeutung von Sozialunternehmen – von ihr gleichgesetzt mit gemeinwohlorientierten Unternehmen – hervor. Einerseits sind Sozialunternehmen Treiber sozialer Innovationen, indem sie innerhalb bestehender Strukturen transformative Impulse setzen und so einen fruchtbaren Boden für solche Innovationen schaffen. Andererseits können Sozialunternehmen als direkte Folge einer sozialen Innovation entstehen oder als Plattform für deren nachhaltige Umsetzung dienen.³⁶⁷

Die idealtypische Entwicklung eines Sozialunternehmens lässt sich in drei Phasen einteilen. Am Anfang steht die Geschäftsidee, die sich primär aus bestehenden gesellschaftlichen Herausforderungen ableitet. Bei der Bewertung der Geschäftsidee stellen die Gründerinnen und Gründer die zu erwartenden gesellschaftlichen Veränderungen stärker in

den Mittelpunkt als gewinnorientierte Unternehmen. In der Phase der Konsolidierung wird die Geschäftsidee in ein Geschäftsmodell umgesetzt, und zwar über die Festlegung sozialunternehmerischer sowie handlungsleitender Werte und die Auswahl einer entsprechenden Rechtsform für das Sozialunternehmen. In der Wachstumsphase erfolgt die Skalierung des Sozialunternehmens, um die positiven gesellschaftlichen Wirkungen zu steigern. Die Wachstumsphase ist bei ihnen weniger stark umsatz- und marktgetrieben als bei gewinnorientierten Unternehmen.³⁶⁸

Anders als bei rein gewinnorientierten Unternehmen ist der gesellschaftliche Mehrwert für Sozialunternehmen vorrangiges Unternehmensziel.³⁶⁹ In ihrer Wertschöpfung verknüpfen sie die Bereitstellung privater Güter oder Dienstleistungen mit einem Beitrag zu einem öffentlichen Gut. Dies kann erfolgen, indem z. B. durch die strikte Einhaltung ökologischer Standards über die regulatorischen Vorschriften hinaus ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet wird. Durch diese Verknüpfung kann die Finanzierungsproblematik öffentlicher Güter entschärft oder ganz gelöst und damit eine Verstärkung gewährleistet werden. Dies macht Sozialunternehmen auch politisch interessant, da die partielle Finanzierung öffentlicher Güter aus marktwirtschaftlicher Aktivität den Bedarf an öffentlichen Geldern, Spenden oder Zuwendungen entsprechend reduziert.

B 3-2 Empirische Befunde zu sozialen Innovationen und Sozialunternehmen

Eine evidenzbasierte F&I-Politik erfordert repräsentative, vergleichbare und langfristig erhobene Daten, um Empfehlungen und Strategien zu entwickeln, Entwicklungen zwischen Regionen, Ländern oder Akteuren zu vergleichen und die Wirkungen von Politikmaßnahmen zu evaluieren. Daten und daraus abgeleitete empirische Evidenz zu sozialen Innovationen und Akteuren sind jedoch kaum verfügbar und falls doch, dann weder systematisch erhoben noch repräsentativ. Gründe für die fehlende empirische Basis sind u. a., dass soziale Innovationen uneinheitlich definiert werden und die Akteurslandschaft vielfältig ist. Soziale Innovationen sind – selbst bei gegebener Definition – ein schwer messbares Phänomen.³⁷⁰ Bei technologischen Innovationen ist diese Problematik weniger stark ausgeprägt, da sie indirekt über Indikatoren

wie Ausgaben für Forschung und Entwicklung oder Patente approximativ gemessen werden können. Analoge Näherungsgrößen liegen bei sozialen Innovationen bislang nicht vor. Auch der Begriff „Sozialunternehmen“ wird unterschiedlich definiert, was evidenzbasierte Aussagen erschwert.³⁷¹

Im Folgenden wird zunächst die Datenproblematik aufgrund der Definitionsvielfalt sozialer Innovationen diskutiert. Basierend auf Daten der EU-Kommission wird die Verbreitung von Sozialunternehmen in Europa aufgezeigt. Zur Ermittlung der räumliche Verteilung von Unternehmen mit sozialen Innovationen – im Weiteren sozialinnovative Unternehmen³⁷² – in Deutschland werden Daten von ISTARI.AI³⁷³ verwendet. Ergebnisse zu den Motiven, die sozialen Innovationen zugrunde liegen, werden auf Basis von Daten des SI-Drive³⁷⁴ vorgestellt, während Rückschlüsse auf die gesellschaftlichen Ziele von Sozialunternehmen mithilfe von Daten des Deutschen Social Entrepreneurship Monitors (DSEM)³⁷⁵ sowie des Europäischen Social Enterprise Monitors (ESEM) gezogen werden. Gewinnerorientierte Unternehmen als Quelle sozialer Innovationen wiederum lassen sich anhand von Daten des Mannheimer Innovationspanels identifizieren. Schließlich wird die Rolle weiterer Akteure als Initiatoren sozialer Innovationen, z. B. im Rahmen von nachfrageseitigen Innovationen (Nutzerinnovationen), gewürdigt, auch wenn hierzu für Deutschland keine Daten vorliegen.

Soziale Innovationen: empirische Erfassung schwierig

Soziale Innovationen werden in der Literatur überwiegend konzeptionell und theoretisch diskutiert. Die Messung und Quantifizierung sozialer Innovationen erfordern jedoch auch verlässliche und aussagekräftige Daten, um den gesellschaftlichen Mehrwert und die Wirkung von Innovationen zu erfassen. Empirisch fundierte Literatur zur Funktionsweise und zur Rolle sozialer Innovationen bei der Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen oder im Rahmen missionsorientierter und transformationsorientierter F&I-Politik ist rar.³⁷⁶

Derzeit gibt es nur vereinzelte und auf bestimmte Themenbereiche, Regionen oder Definitionen bezogene Datensätze. Dies liegt an der oftmals schwierigen Abgrenzung sozialer Innovationen von anderen Innovationen (z. B. die uneinheitliche

Zuordnung von Carsharing zu sozialen Innovationen). Darüber hinaus herrscht eine Vielfalt bei den für soziale Innovationen relevanten Themenfeldern. Schließlich wird die Vergleichbarkeit der verfügbaren Daten durch eine Vielzahl unterschiedlicher beteiligter Innovatoren sowie aufgrund verschiedener Definitionen von sozialen Innovationen erschwert.³⁷⁷

Die Entwicklung geeigneter Indikatoren und Methoden zur Messung sozialer Innovationen erfordert eine sorgfältige Auswahl und Anpassung an den jeweiligen Kontext. Zur Messung der Wirkung sozialer Innovationen werden u. a. die Anzahl der Menschen, die von einer sozialen Innovation profitieren, die Veränderung des Bildungsniveaus durch eine soziale Innovation oder die wirtschaftlichen Auswirkungen einer sozialen Innovation erfasst. Die Bundesregierung hat die Relevanz von Indikatoren erkannt. So hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beispielsweise die Projekte IndiSI (Indikatorik Sozialer Innovationen)³⁷⁸ und IndiSI+³⁷⁹ gefördert, die Überlegungen zur Messung von sozialen Innovationen angestellt und neue Ansätze zur Messung sozialer Innovationen entwickelt haben.³⁸⁰

Sozial innovative Unternehmen: hauptsächlich in Städten

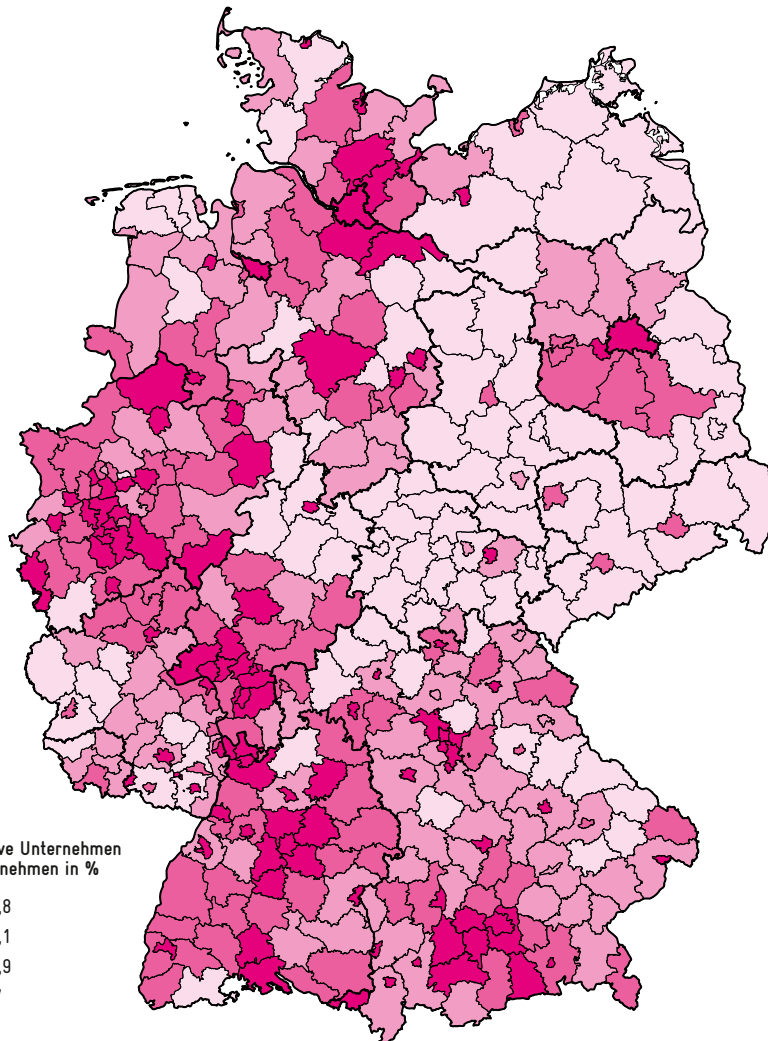
Wie viele soziale Innovationen und Sozialunternehmen es in Deutschland, aber auch in anderen europäischen Ländern gibt, lässt sich nur näherungsweise abbilden. Die EU-Kommission schätzt die Anzahl der Sozialunternehmen in Deutschland für das Jahr 2017 auf 77.459, was 936 Sozialunternehmen pro eine Million Einwohnerinnen und Einwohner entspricht.³⁸¹ Damit liegt Deutschland im europäischen Vergleich hinter Italien (1.694 Sozialunternehmen pro eine Million Einwohnerinnen und Einwohner, Schätzung für 2017), Ungarn (1.621, 2016), Luxemburg (1.546, 2017–2018), Frankreich (1.414, 2015–2017) und Litauen (1.237, 2016–2017).³⁸²

Mithilfe aktueller Daten von ISTARI.AI, die von Unternehmenswebseiten in Deutschland ansässiger Unternehmen zum Stichtag 25. November 2023 gezogen wurden, lassen sich sozialinnovative Unternehmen identifizieren und aggregiert auf Kreisebene veranschaulichen.³⁸³ Abbildung B 3-3 zeigt den Anteil sozialinnovativer Unternehmen an allen Unternehmen auf Kreisebene für Deutschland. Der Anteil sozialinnovativer Unternehmen ist

Abb. B3-3 Kreise nach Anteil von sozialinnovativen Unternehmen an allen Unternehmen in Prozent



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



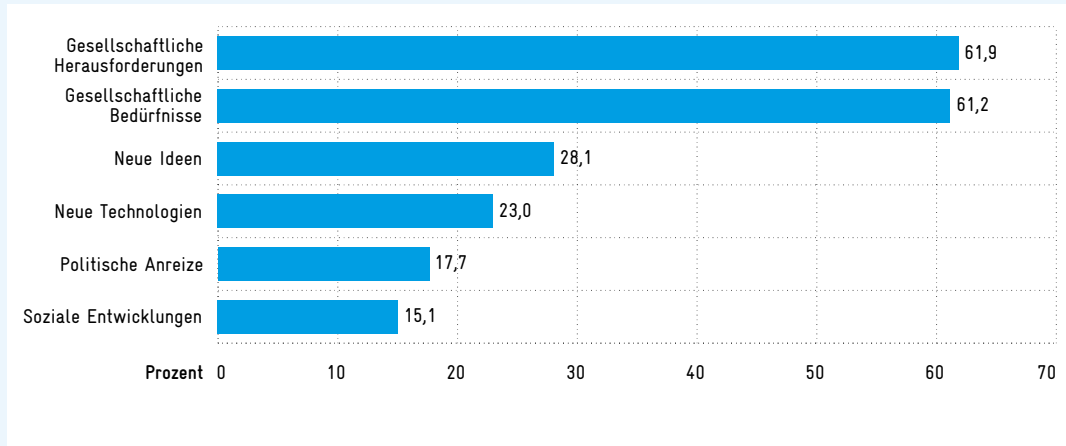
Sozialinnovative Unternehmen zum Stichtag 25. November 2023.
Quelle: ISTARIAI, BBSR. Eigene Darstellung.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

in Westdeutschland höher als in Ostdeutschland (mit Ausnahme von Berlin und den angrenzenden Kreisen) und in städtischen Regionen und Regionen mit Verdästerungsansätzen³⁸⁴ höher als in ländlichen³⁸⁵ Regionen. So liegt der Anteil sozialinnovativer Unternehmen an allen Unternehmen in Deutschland bei 17,1 Prozent. In städtischen Regionen ist er mit 20,2 Prozent³⁸⁶ überdurchschnittlich hoch, während er in Regionen mit Verdästerungsansätzen mit 16,9 Prozent³⁸⁷ leicht unterdurchschnittlich und in ländlichen Regionen mit 14,8 Prozent³⁸⁸ unterdurchschnittlich ist.

Soziale Innovationen: primär durch gesellschaftliche Herausforderungen motiviert

Eine nicht-repräsentative Befragung von sozialen Innovationsinitiativen im Rahmen des SI-Drive Projekts, die im Zeitraum 2015/2016 weltweit, mit Schwerpunkt auf Europa, durchgeführt wurde, zeigte, dass für 61,9 Prozent der Befragten soziale Innovationen³⁸⁹ durch gesellschaftliche Herausforderungen motiviert sind. Fast ebenso viele soziale Innovationen sind durch gesellschaftliche Bedürfnisse (61,2 Prozent) motiviert. Deutlich seltener werden soziale Innovationen durch neue Ideen

Abb. B 3-4 Motive und Auslöser sozialer Innovationen in Prozent



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Der Datensatz beinhaltet soziale Projekte und Initiativen (Innovationsinitiativen) weltweit mit Schwerpunkt auf Europa. Beantwortung der Frage: Was war die erste Motivation/der erste Auslöser für die Initiierung des Projekts? Mehrfachnennungen möglich. Lesebeispiel: 61,9 Prozent der sozialen Innovationsinitiativen sind durch gesellschaftliche Herausforderungen motiviert. Quelle: SI-Drive, Datenerhebung 2015/2016. Darstellung nach Weber et al. (2024). Eigene Darstellung. N=979. © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

(28,1 Prozent) oder neue Technologien (23 Prozent) ausgelöst (vgl. Abbildung B 3-4).

Sozialunternehmen: hochwertige Bildung häufigstes Nachhaltigkeitsziel

Im Jahr 2015 verabschiedeten die Vereinten Nationen (United Nations, UN), und damit auch Deutschland, die Agenda 2030 und bekannten sich zu den 17 SDGs.³⁹⁰ Diese Nachhaltigkeitsziele erfordern zum Teil radikale neue Technologien sowie grundlegende Änderungen im Umgang mit Technologien und im Verhalten aller Akteure. Globale Nachhaltigkeitsaspekte unterschiedlicher Ausprägung z. B. in den Bereichen Armutsreduktion, Gesundheitsversorgung, Klimawandel und Umweltschäden³⁹¹ haben damit auch in Deutschland einen hohen politischen Stellenwert erlangt. Laut der DSEM-Befragung 2021/2022 leisten fast alle der befragten deutschen Sozialunternehmen einen Beitrag zum Erreichen mindestens eines der SDGs. Von den befragten Sozialunternehmen in Deutschland verfolgen mit 51,6 Prozent die meisten das Ziel „Hochwertige Bildung“, während es in Europa³⁹² nur 40 Prozent der Sozialunternehmen tun. Das SDG 11, das auf inklusive, sichere, widerstandsfähige und nachhaltige Städte und Siedlungen abzielt, streben 33,9 Prozent der befragten Sozialunternehmen in Deutschland bzw. 33,6 Prozent der befragten Sozialunternehmen in Europa an. Das Ziel, Sofortmaßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels sowie dessen Auswirkungen zu ergreifen

(SDG 13), wird von 28,3 Prozent der in Deutschland befragten Unternehmen genannt und damit etwas häufiger als von den befragten Sozialunternehmen in Europa, wo 26,5 Prozent dieses Ziel verfolgen. Ein deutlich größerer Unterschied zeigt sich beim Ziel des Aufbaus einer widerstandsfähigen Infrastruktur, einer breitenwirksamen und nachhaltigen Industrialisierung sowie der Förderung von Innovationen (SDG 9). Dieses Ziel geben 26,5 Prozent der befragten deutschen und nur 17 Prozent der befragten europäischen Sozialunternehmen an (vgl. Abbildung B 3-5).

Soziale Innovationen: auch bei gewinnorientierten Unternehmen verbreitet

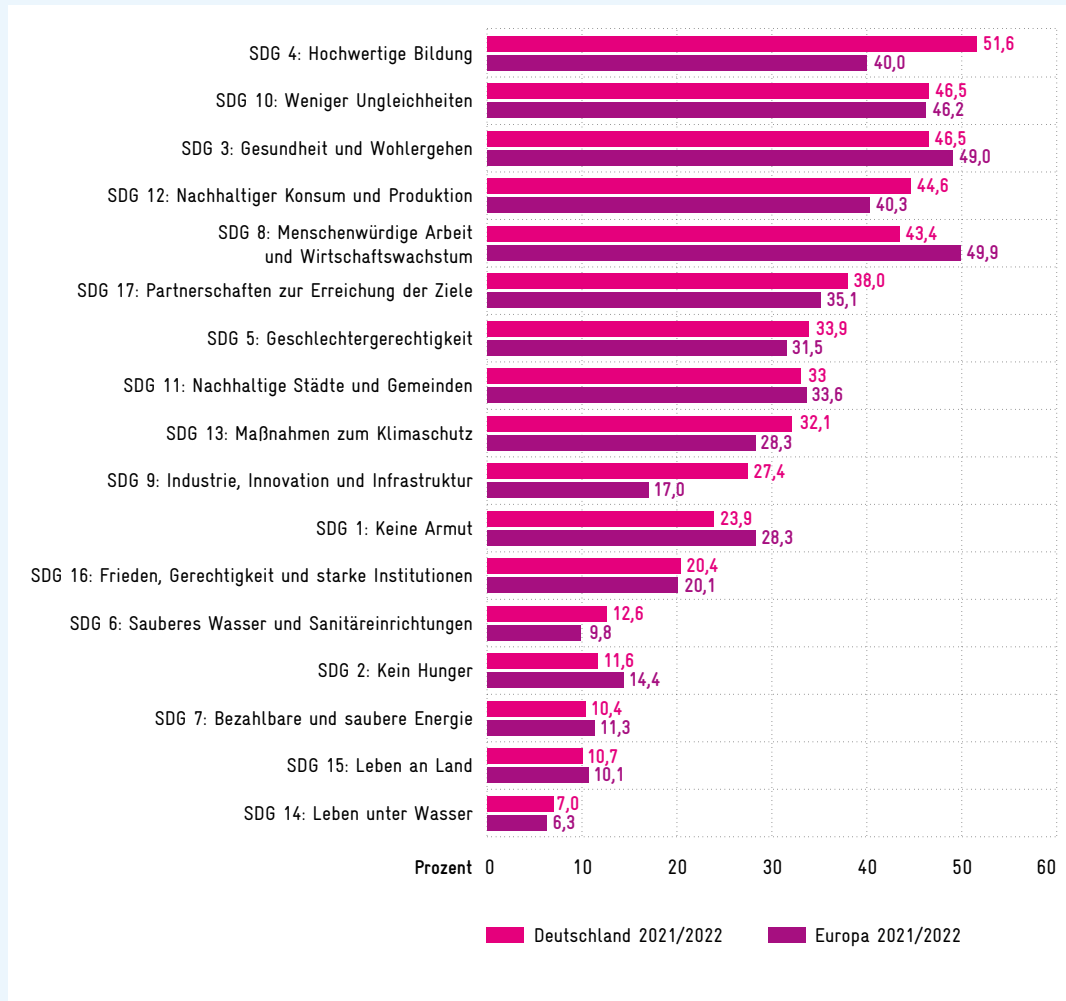
Auch bei gewinnorientierten Unternehmen können soziale Innovationen eine wichtige Rolle spielen. Sie können in ihren unternehmensinternen Prozessen soziale Innovationen nutzen, die sie selbst generiert oder von anderen übernommen haben. Zudem können diese gewinnorientierten Unternehmen von ihnen selbst oder von anderen entwickelte Produkte und Dienstleistungen anbieten, die wiederum soziale Innovationen fördern.

Abbildung B 3-6 zeigt den Anteil aller Unternehmen mit und ohne soziale Innovationen in forschungsintensiven und sonstigen Industriezweigen sowie in wissensintensiven und sonstigen Dienstleistungen. Zusätzlich wird zwischen Unternehmen mit und ohne Prozess- und/oder Produktinnovationen un-

Abb. B3-5 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) von Sozialunternehmen in Prozent



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



Beantwortung der Frage: Welche Art von sozialer/ökologischer Wirkung möchte Ihre Organisation erreichen? Mehrfachnennung möglich.
Lesebeispiel: 51,6 Prozent der Sozialunternehmen gaben an, dass sie das SDG „Hochwertige Bildung“ verfolgen.
Quelle: Deutscher Social Entrepreneurship Monitor, Befragung 2021/2022 und European Social Enterprise Monitor, Befragung 2021/2022.
Eigene Berechnungen. Eigene Darstellung.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

terschieden. Erstens wird dabei deutlich, dass insbesondere Unternehmen in der forschungsintensiven Industrie und in den wissensintensiven Dienstleistungen soziale Innovationen einführen. Zweitens zeigt sich eine Komplementarität von Prozess- und/oder Produktinnovationen und sozialen Innovationen: So weisen beispielweise in der forschungsintensiven Industrie 67,6 Prozent der Unternehmen mit Prozess- und/oder Produktinnovationen auch soziale Innovationen auf, während nur 52,6 Prozent der Unternehmen, die keine Prozess- und/oder Produktinnovationen realisieren, sozial innovativ sind. In der sonstigen Industrie ist diese Diskrepanz mit 58,6 Prozent und 29,2 Prozent noch deutlicher.

Abbildung B 3-6 zeigt zudem, dass soziale Innovationen vor allem in unternehmensinternen Prozessen³⁹³ stattfinden. Dies gilt insbesondere für die forschungs- und wissensintensiven Wirtschaftszweige: In der forschungsintensiven Industrie finden sich soziale Innovationen in unternehmensinternen Prozessen bei 67 Prozent der Unternehmen mit Prozessinnovationen und bei 52,2 Prozent der Unternehmen ohne solche Innovationen. Bei den wissensintensiven Dienstleistungen sind 64,4 Prozent der Unternehmen mit Prozessinnovationen in unternehmensinternen Prozessen sozial innovativ, aber nur 55,5 Prozent der Unternehmen ohne Prozessinnovationen. Bei sozialen Innovationen in den Produkten³⁹⁴ zeigt sich ein ähnliches Bild, je-

doch auf deutlich niedrigerem Niveau: Sozial innovative Produktangebote finden sich z. B. in der forschungsintensiven Industrie bei 10,1 Prozent der Unternehmen mit Produktinnovationen und bei 5,9 Prozent der Unternehmen ohne Produktinnovationen.³⁹⁵

Soziale Innovationen: auch bei Nutzerinnovationen relevant

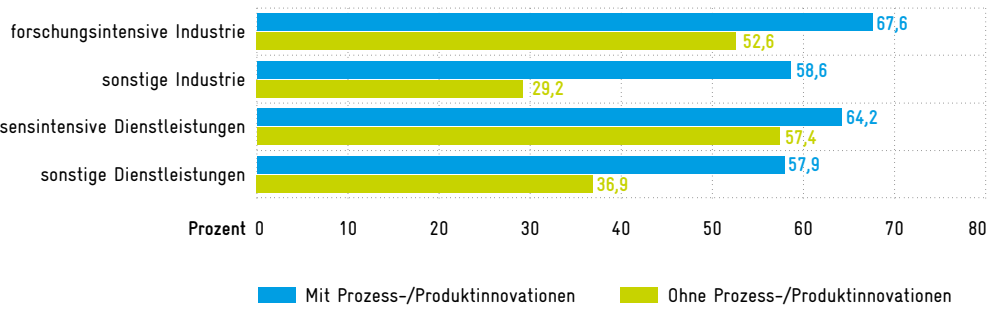
Auch Einzelpersonen und Haushalte können soziale Innovationen hervorbringen.³⁹⁶ Empirisch sind diese Aktivitäten allerdings bislang schwer zu erfassen.³⁹⁷ Konzeptionelle Anhaltspunkte liefert die

Abb. B 3-6 Unternehmen mit sozialen Innovationen seit 2020 in Prozent

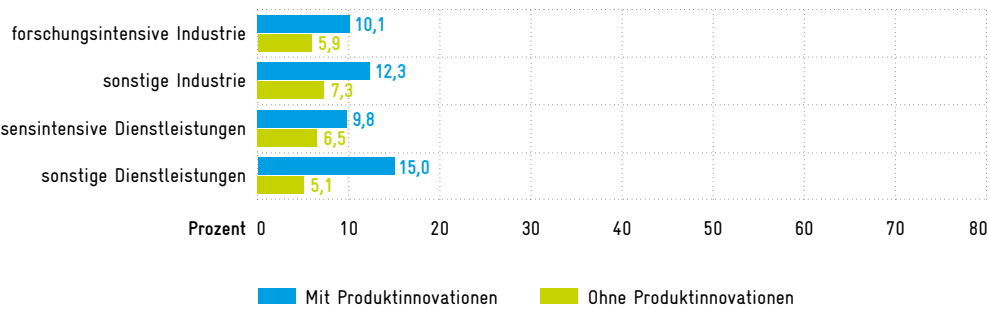


[Download der Abbildung und Daten](#)

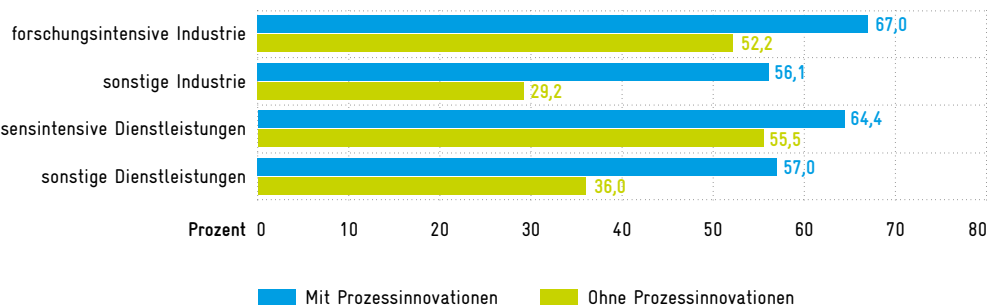
Anteile an Unternehmen mit sozialen Innovationen differenziert nach Unternehmen mit und ohne Prozess-/Produktinnovation



Anteile an Unternehmen mit sozialen Innovationen in Produkten



Anteile an Unternehmen mit sozialen Innovationen in unternehmensinternen Prozessen



Beispiele für soziale Innovationen in unternehmensinternen Prozessen: Homeoffice, flexible Lebensarbeitszeitmodelle, Mentoring-Programme, inklusive Arbeitsplätze, Brückenpraktika.
 Beispiele für soziale Innovationen in Form von Produktangeboten: Telepflege, nachhaltiger Tourismus, Tauschbörsen, Mehrgenerationenhäuser, E-Health, Carsharing, Bürgerbusse, Crowdfunding.
 Lesebeispiel: 67,6 Prozent der Unternehmen in der forschungsintensiven Industrie mit Produkt- und/oder Prozessinnovationen haben seit 2020 auch soziale Innovationen eingeführt.
 Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2023 – Berechnungen des ZEW. Eigene Darstellung.
 © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Literatur zu sogenannten Nutzerinnovationen.³⁹⁸ Nutzerinnen und Nutzer beteiligen sich hierbei aktiv an der Gestaltung von Produkten, Dienstleistungen oder Lösungen gesellschaftlicher Probleme und bringen so ihre Bedürfnisse und Ideen in den Innovationsprozess ein.³⁹⁹

Die Literatur zeigt, dass Einzelpersonen im Rahmen von Nutzerinnovationen alleine, in sozialen Gruppen oder zusammen mit Unternehmen an Ideen zur Lösung gesellschaftlicher Probleme arbeiten⁴⁰⁰ und über die gesellschaftlichen Auswirkungen von Innovationen und Herausforderungen nachdenken.⁴⁰¹

B 3-3 Hemmnisse

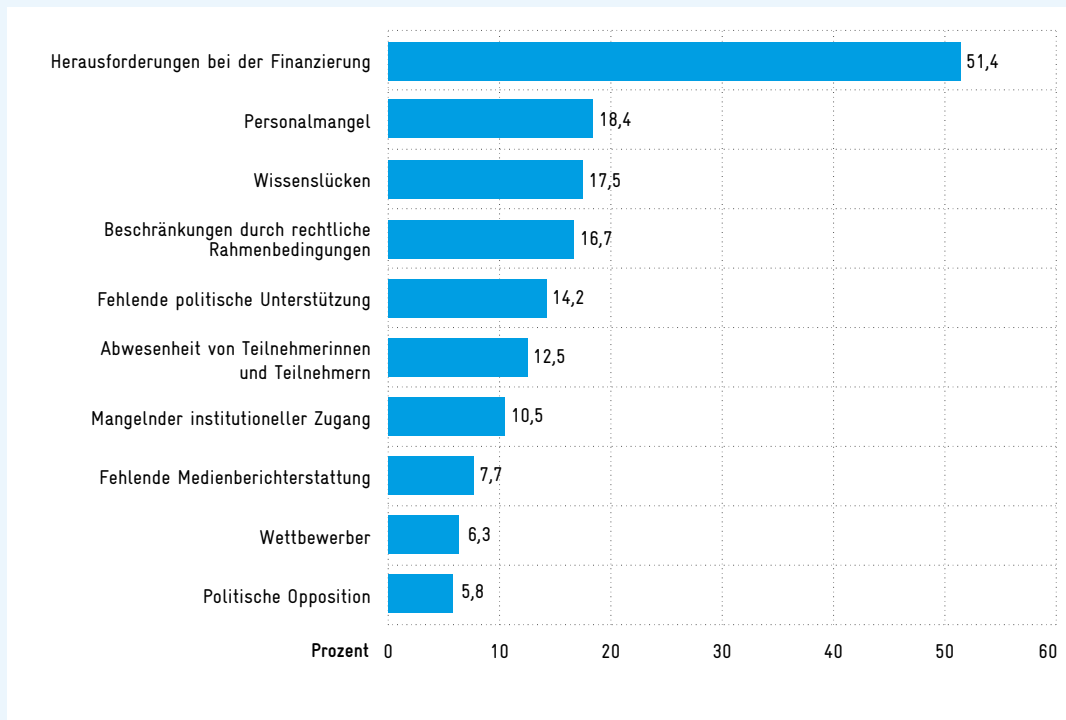
Um das Potenzial sozialer Innovationen und von Sozialunternehmen bestmöglich zu nutzen, ist es notwendig, Hemmnisse bei den Entstehungs- und Generalisierungs- bzw. Skalierungsprozessen zu erkennen und gegebenenfalls geeignete politische Interventionen zu implementieren.

Soziale Innovationen: Finanzierung schwierig

Ein wesentliches strukturelles Hemmnis für soziale Innovationen stellt die Schwierigkeit dar, eine auskömmliche Finanzierung zu erhalten. Verantwortlich sind hierfür sowohl die nicht in Marktpreisen berücksichtigten positiven externen Effekte einer sozialen Innovation als auch das Trittbrettfahrerverhalten bei den direkten Nutzerinnen und Nutzern der Leistungen einer sozialen Innovation (vgl. Box B 3-2). Beides kann erklären, warum soziale Innovationen nicht im gesellschaftlich optimalen Ausmaß zur Verfügung gestellt werden. Dies kann ein Grund für staatliche Intervention sein.

Abbildung B 3-7 zeigt, dass mehr als die Hälfte der befragten sozialen Innovationsinitiativen Finanzierungsschwierigkeiten als Hemmnis für soziale Innovationen angibt.⁴⁰² Damit sind sie das mit Abstand am häufigsten genannte Hemmnis. Ein weiteres nicht zu vernachlässigendes Hemmnis ist der Personalmangel, der zwar mit 18,4 Prozent im Vergleich zu den Finanzierungshemmnissen deut-

Abb. B3-7 Hemmnisse sozialer Innovationen in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Der Datensatz beinhaltet soziale Projekte und Initiativen (Innovationsinitiativen) weltweit mit Schwerpunkt auf Europa. Beantwortung der Frage: Ist das Projekt mit Hindernissen konfrontiert? Wenn ja, welches sind die wichtigsten Hindernisse für das Projekt? Mehrfachnennungen möglich.
Lesebeispiel: 51,4 Prozent der befragten sozialen Innovatoren geben an, dass Finanzierungsherausforderungen bestehen.
Quelle: SI-Drive, Datenerhebung 2015/2016. Darstellung nach Weber et al. (2024).
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

lich seltener genannt wird, aber aufgrund des sich verschärfenden Fachkräftemangels in Deutschland auch für soziale Innovationen an Bedeutung gewinnen dürfte.⁴⁰³

Soziale Innovationen: Generalisierung durch Koordinationsprobleme behindert

Bei der Generalisierung sozialer Innovationen kommt es darauf an, unterschiedliche Stakeholder einzubeziehen, z. B. Nachbarschaften, regionale politische Akteure, Nichtregierungsorganisationen. Diese Akteure können sich u. a. in ihren Zielen, ihrer Formalisierung und ihrem Kommunikationsstil unterscheiden. Der Erfolg sozialer Innovationen bei der Generalisierung hängt nun davon ab, diese unterschiedlichen Akteure immer wieder in neuen Kontexten zu koordinieren.

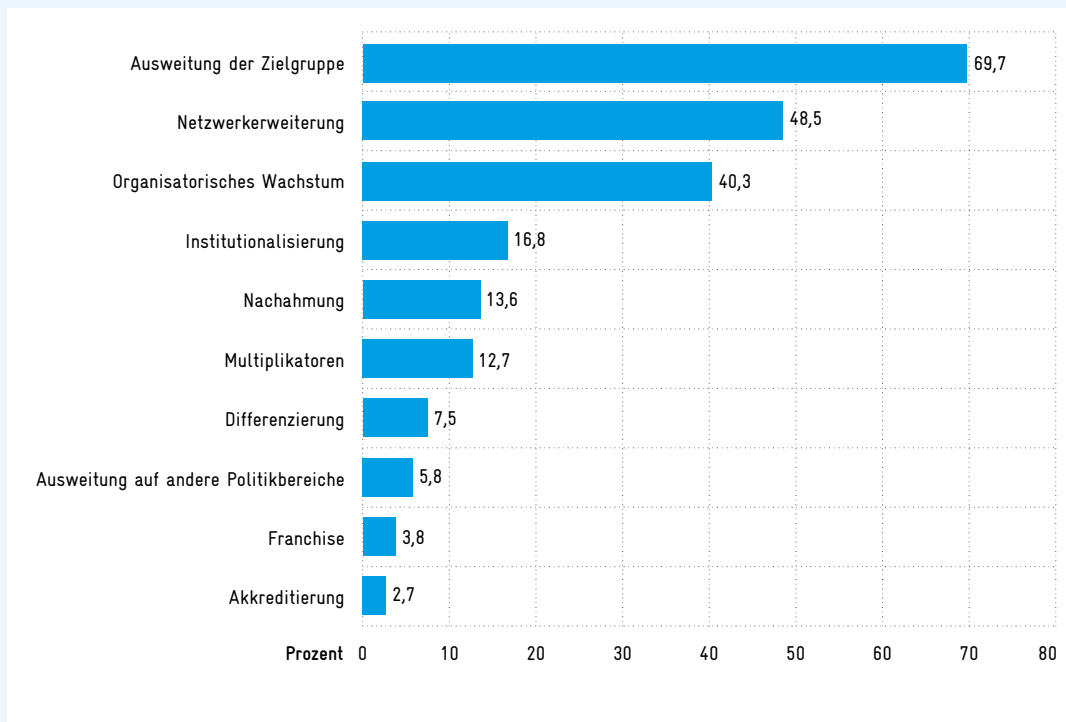
Als häufigste Art der Generalisierung nennen die befragten sozialen Innovationsinitiativen die Ausweitung (innerhalb) der Zielgruppe (69,7 Prozent). Die Diffusion und Generalisierung sozialer Innova-

tionen erfolgt bei den befragten sozialen Innovationsinitiativen häufig über eine Erweiterung des Netzwerks (48,5 Prozent), d. h. die soziale Innovation wird in Zusammenarbeit mit zusätzlichen Netzwerkpartnern umgesetzt. 40,3 Prozent der befragten sozialen Innovationsinitiativen skalieren durch Organisationswachstum (vgl. Abbildung B 3-8). Daten zu erfolgreich generalisierten sozialen Innovationen liegen derzeit nicht vor.

Sozialunternehmen: Zugang zu öffentlichen Fördermitteln schwierig

Sozialunternehmen sind einerseits mit denselben Hindernissen wie gewinnorientierte Unternehmen konfrontiert, stehen andererseits aber aufgrund ihrer Zielsetzung vor spezifischen Herausforderungen: Klassische Start-up-Finanzierungsprozesse, die nicht selten den Einstieg und das Mitspracherecht externer Kapitalgeber vorsehen, können die gemeinwohlorientierte Zielsetzung des Sozialunternehmens gefährden (Gefahr des sogenannten Mission Drift). Daher ist eine klassische

Abb. B 3-8 Generalisierung sozialer Innovationen in Prozent



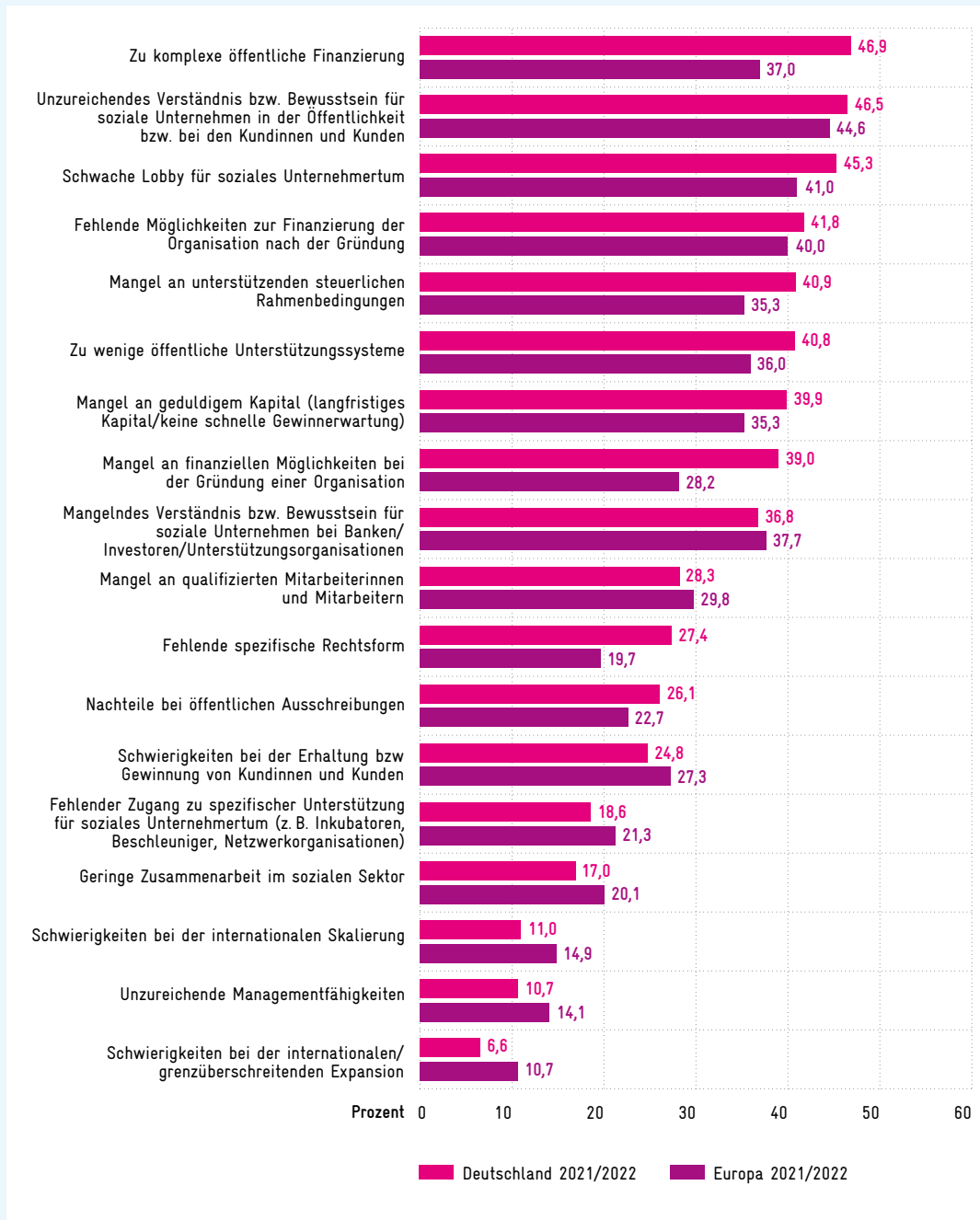
[Download der Abbildung und Daten](#)

Der Datensatz beinhaltet soziale Projekte und Initiativen (Innovationsinitiativen) weltweit mit Schwerpunkt auf Europa. Beantwortung der Frage: Wie skaliert das Projekt seine Lösung? Mehrfachnennungen möglich.
Lesebeispiel: 69,7 Prozent der befragten sozialen Innovationsinitiativen versuchen ihre sozialen Innovationen durch Zielgruppenerweiterung zu generalisieren.
Quelle: SI-Drive, Datenerhebung 2015/2016. Darstellung nach Weber et al. (2024). N = 862.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B3-9 Von Sozialunternehmen wahrgenommene Hemmnisse in Prozent



Beantwortung der Frage: Auf welche Hindernisse stoßen Sie bei Ihrer Organisation? Bitte kreuzen Sie alle Antworten an, die auf Ihre Organisation zutreffen. Auswertungen basieren auf Unternehmen, die selbst angeben, ein Sozialunternehmen zu sein. Mehrfachnennungen möglich. Lesebeispiel: 46,9 Prozent der befragten Sozialunternehmen geben an, dass die zu komplexe Vergabe von öffentlichen Finanzen ein Hemmnis darstellt.

Quelle: Deutscher Social Entrepreneurship Monitor, Befragung 2021/2022 und European Social Enterprise Monitor, Befragung 2021/2022. Eigene Berechnungen. Eigene Darstellung.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Gründungsfinanzierung für Sozialunternehmen oftmals ungeeignet.⁴⁰⁴ Stattdessen arbeiten Sozialunternehmen häufig mit stillen Beteiligungen oder Nachrangdarlehen. Die Daten des DSEM⁴⁰⁵ zeigen, dass Finanzierungsschwierigkeiten häufig von

Sozialunternehmen als Hemmnisse genannt werden. So gaben 39 Prozent mangelnde finanzielle Möglichkeiten bei der Gründung, 41,8 Prozent fehlende Finanzierungsmöglichkeiten nach der Gründung und 39,9 Prozent der befragten Sozial-

unternehmen mangelndes geduldiges Kapital als Hemmnis an (vgl. Abbildung B 3-9).⁴⁰⁶

Die von Sozialunternehmen bereitgestellten Güter und Dienstleistungen können externe Effekte aufweisen, wenn sich die Vorteile ihres Konsums nicht allein auf die Kundinnen und Kunden beschränken. So kommt der gesellschaftliche Mehrwert, der z. B. dadurch entsteht, dass Sozialunternehmen höhere Umweltstandards einhalten, nicht allein ihren Kundinnen und Kunden zugute. Die Preise, die Sozialunternehmen für ihre Produkte im Markt verlangen können, reflektieren dann nicht die gesamtgesellschaftlichen Umweltvorteile ihrer Produktion. Dies kann dazu führen, dass umweltfreundlich produzierte Güter in einem aus gesamtgesellschaftlicher Sicht zu geringen Maße produziert werden. Eine öffentliche Unterstützung kann zwar in solchen Fällen aus Effizienzgründen gerechtfertigt sein. Allerdings zeigen die Daten des DSEM, dass Sozialunternehmen bei der Fördermittelbeantragung auf Hindernisse stoßen. Von 46,9 Prozent der befragten deutschen Sozialunternehmen wird die komplexe Vergabe von öffentlichen Fördermitteln am häufigsten als Hemmnis genannt, während sie im europäischen Vergleich⁴⁰⁷ nur von 37 Prozent der befragten Sozialunternehmen als Hemmnis genannt wird. 40,9 Prozent der befragten Sozialunternehmen in Deutschland sehen den Mangel an unterstützenden steuerlichen Rahmenbedingungen als Hemmnis an.

Sozialunternehmen: Bekanntheitsgrad niedrig

Als weitere Hemmnisse nennen die befragten Sozialunternehmen das unzureichende Verständnis bzw. Bewusstsein für soziale Unternehmen in der Öffentlichkeit und bei Kundinnen und Kunden (46,5 Prozent) sowie die schwache Lobby (45,3 Prozent). Auch in Europa benennen 44,6 Prozent der befragten Sozialunternehmen das unzureichende Verständnis und 41 Prozent der befragten Sozialunternehmen die schwache Lobby als Hemmnis (vgl. Abbildung B 3-9). Wenn Kundinnen und Kunden die Ziele von Sozialunternehmen grundsätzlich teilen, ihnen aber das Angebot der Sozialunternehmen unbekannt ist, kann es zu einer unzureichenden Artikulation der Nachfrage kommen.

Das Fehlen einer geeigneten Rechtsform wird von 27,4 Prozent aller befragten Sozialunternehmen in Deutschland als Hemmnis genannt.⁴⁰⁸ Die Diskussion um eine fehlende Rechtsform für Sozialunter-

nehmen ist nicht auf Deutschland beschränkt.⁴⁰⁹ So sehen 19,7 Prozent der befragten Sozialunternehmen in Europa eine fehlende Rechtsform ebenfalls als Hemmnis (vgl. Abbildung B 3-9). Aus der Befragung wird jedoch nicht ersichtlich, was die Sozialunternehmen konkret an den verfügbaren Rechtsformen bemängeln.⁴¹⁰ So bleibt unklar, ob z. B. die derzeit diskutierte Option einer Rechtsform mit Vermögensbindung eine bessere Rechtsform für Sozialunternehmen sein könnte. Als Schwierigkeit könnte sich erweisen, dass die Rechtsform zu einem Zeitpunkt festgelegt werden muss, zu dem es den Gründerinnen und Gründern schwerfällt zu überblicken, welche Auswirkungen die Rechtsform auf die Unternehmensstruktur hat und wie sie ggf. die Handlungsoptionen bei der Verfolgung der sozialen Zielsetzung einschränkt. Solche Schwierigkeiten beschränken sich jedoch nicht auf Sozialunternehmen. Auch rein gewinnorientierte Unternehmen finden oft keine für sie ideale Rechtsform, sondern müssen zwischen den Vor- und Nachteilen der verschiedenen Alternativen abwägen.

B 3-4 Politischer Rahmen

In der deutschen F&I-Politik wurden soziale Innovationen erstmals mit der neuen Hightech-Strategie aus dem Jahr 2014 thematisiert.⁴¹¹ Damit geht nicht nur eine F&I-politische Erweiterung des Innovationsbegriffes um soziale Innovationen einher, sondern auch eine Betonung gesellschaftlicher Wirkungen, die über den rein wirtschaftlichen Nutzen hinausgehen, wie z. B. Arbeitsbedingungen oder Umgang mit der Natur. In diesem Zuge betont die Strategie auch die aktive Einbeziehung der Gesellschaft als zentralen Akteur⁴¹² und stärkt wichtige Elemente wie soziale Innovationen und Bürgerbeteiligung.⁴¹³ Mit der Hightech-Strategie 2025 aus dem Jahr 2018 integrierte die Bundesregierung soziale Innovationen in ihr Konzept einer missionsorientierten F&I-Politik zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen.

Im Jahr 2021 verabschiedete die Bundesregierung das Ressortkonzept zu sozialen Innovationen, um diese zu definieren und um das Verständnis, die Ziele und die Instrumente sowie die Handlungsfelder ressortübergreifend zu koordinieren.⁴¹⁴

In der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation 2023 der aktuellen Bundesregierung wird die Bedeutung sozialer Innovationen für eine Vielzahl

Box B 3-10 Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen

Diese Strategie definiert soziale Innovationen in Anlehnung an das Ressortkonzept der Bundesregierung zu sozialen Innovationen von 2021 und gemeinwohlorientierte Unternehmen/Sozialunternehmen in Anlehnung an die Initiative für soziales Unternehmertum der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2011. Die Förderung von Sozialunternehmen konzentriert sich in der Strategie auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie auf die Gründung und das Wachstum von Sozialunternehmen. Die Beschränkung auf KMU wird damit begründet, dass sie andernfalls mangels Ressourcen gegenüber Großunternehmen benachteiligt wären, und mit einer grundsätzlichen Förderwürdigkeit von KMU.⁴¹⁵

Die Strategie legt sieben Leitlinien fest. In ihnen wird der Beitrag von sozialen Innovationen und Sozialunternehmen zur Erreichung der SDGs und nachhaltigen Transformationen anerkannt und die Bedeutung einer Wirkungsmessung betont. Ferner wird die Akteursvielfalt bei der Entstehung sozialer Innovationen hervorgehoben, die Förderung partizipativer und kollaborativer Prozesse in Aussicht gestellt und die Notwendigkeit betont, soziale und technologische Innovationen in ihrem

gemeinsamen Wirken und grundsätzlich als gleichwertig zu betrachten.

Die Strategie führt die folgenden elf Handlungsfelder auf, in denen Hemmnisse benannt und Lösungen vorgeschlagen werden, jeweils gefolgt von einer Auflistung konkreter Maßnahmen:⁴¹⁶

1. Rahmenbedingungen optimieren und strukturelle Hindernisse beseitigen
2. Sozial-innovative und gemeinwohlorientierte Gründungskultur und Unterstützungsstrukturen stärken
3. Vernetzung, Kollaboration und Transfer voranbringen
4. Öffentliche Beschaffung als Hebel nutzen
5. Förderinstrumente bedarfsgerecht entwickeln und ausbauen
6. Wachstum und Wirkung durch optimierte Finanzierungsangebote vorantreiben
7. Forschung zu sozialen Innovationen und gemeinwohlorientierten Unternehmen ausbauen
8. Kompetenzentwicklung für soziale Innovationen und gemeinwohlorientiertes Wirtschaften vorantreiben
9. Wirkungsorientierung und Wirkungsmessung als Standard etablieren
10. Sichtbarkeit und Anerkennung erhöhen
11. Den europäischen und internationalen Schulterschluss suchen

von Entwicklungen hervorgehoben und in den Kontext der Missionen „Ressourceneffiziente und auf kreislauffähiges Wirtschaften ausgelegte wettbewerbsfähige Industrie und nachhaltige Mobilität ermöglichen“ und „Gesellschaftliche Resilienz, Vielfalt und Zusammenhalt stärken“ gestellt. Erstmals werden auch gemeinwohlorientierte Unternehmen erwähnt, denen eine besondere Rolle bei der Entstehung und der Generalisierung bestehender sozialer Innovationen zugeschrieben wird.⁴¹⁷

Vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Initiativen hat die Bundesregierung im September 2023 die bereits erwähnte Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen veröffentlicht (vgl. Box B 3-10).

B 3-5 Handlungsempfehlungen

Soziale Innovationen sind insbesondere bei der Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen – wie Klimawandel, demografische Alterung und Digitalisierung – von Bedeutung. Neben neuen Technologien sind nämlich auch neue individuelle und kollektive Verhaltensweisen erforderlich, die soziale Innovationen im Wesentlichen charakterisieren. Die Bundesregierung hat die Bedeutung von sozialen Innovationen schon seit längerem erkannt. In der 2023 verabschiedeten Zukunftsstrategie Forschung und Innovation sowie der Nationalen Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen sieht sie nunmehr Sozialunternehmen als hierfür besonders relevante Akteure an.

Die Expertenkommission begrüßt die Strategie, sieht allerdings ergänzenden Handlungsbedarf. Sie empfiehlt der Bundesregierung und insbesondere dem BMBF sowie dem BMWK daher, folgende Maßnahmen zu ergreifen:

Einheitliche Indikatorik und Datengrundlage entwickeln

Um die Verbreitung und die Erfolgsfaktoren von sozialen Innovationen und Sozialunternehmen zu erforschen, ist die Wissenschaft auf einheitliche, repräsentative und qualitativ hochwertige Daten zu sozialen Innovationen und Sozialunternehmen angewiesen. Die Ergebnisse darauf basierender Forschung ermöglichen es der Politik, konkrete evidenzbasierte Fördermaßnahmen zu entwickeln und umzusetzen. Zudem können strukturierte Daten zu sozialen Innovationen und Sozialunternehmen, etwa als Sammlung erfolgreicher Lösungen für gesellschaftliche Probleme, dabei helfen, die Sichtbarkeit und Verbreitung derartiger Innovationen zu befördern. Daher unterstützt die Expertenkommission die in der Nationalen Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen angestrebte Entwicklung einer ressortübergreifenden Indikatorik⁴¹⁸ und einer aussagekräftigen wissenschaftlichen Datenbasis.⁴¹⁹ Die Expertenkommission empfiehlt darüber hinaus:

- Neben der Entwicklung neuer Indikatoren und Erhebung neuer Daten zu sozialen Innovationen und Sozialunternehmen sind die bereits bestehenden Indikatoren und Datenbestände bestmöglich in ein Gesamtkonzept zu integrieren.
- Bei der Indikatorenentwicklung und Datenerhebung zu sozialen Innovationen und Sozialunternehmen ist darauf zu achten, dass eine sachgerechte Erfolgsmessung und Wirkungsanalyse von Politikmaßnahmen zur Förderung sozialer Innovationen und Sozialunternehmen ermöglicht werden.
- Die Bundesregierung sollte darauf hinwirken, dass eine international möglichst einheitliche Indikatorik,⁴²⁰ eine koordinierte Datenerhebung und ein internationaler Datenraum entwickelt werden, die eine Vergleichbarkeit über geografische Einheiten hinweg ermöglichen.

- Die Bundesregierung soll dabei unterstützen, dass soziale Innovationsaktivitäten in bereits bestehenden Haushalts- und Unternehmensbefragungen verstärkt berücksichtigt werden.⁴²¹ Ziel muss es sein, eine flächendeckende, repräsentative und über einen längeren Zeitraum konsistente Datenbasis aufzubauen. Bei den Haushaltsbefragungen kommen insbesondere das deutsche Sozio-oekonomische Panel und der Mikrozensus in Frage. Bei Unternehmensbefragungen sind z. B. das Mannheimer Innovationspanel, der KfW-Gründungsmonitor und der DSEM zu nennen.

Bestehende Förderformate für soziale Innovationen öffnen

Eine Begründung für die F&I-politische Förderung sozialer Innovationen ergibt sich aus den vorliegenden positiven externen Effekten, die dazu führen können, dass soziale Innovationen nicht im gesellschaftlich optimalen Ausmaß zur Verfügung gestellt werden. Bei der Förderung ist zu beachten, dass viele soziale Innovationsinitiativen und Sozialunternehmen in lokalen oder regionalen Kontexten entstehen und aktiv sind. Bei der Förderung ist außerdem relevant, dass soziale Innovationen oft komplementär zu technologischen Innovationen sind. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission:

- Die Förderung von Innovationen sollte sich an Zielen und nicht an konkreten Instrumenten oder Maßnahmen orientieren. Dementsprechend bedarf die Förderung sozialer Innovationen nicht vorrangig neuer Programme, die ausschließlich sozialen Innovationen vorbehalten sind. Vielmehr sollte die Unterstützung sozialer Innovationen in bestehende Förderprogramme integriert werden, wie dies beispielsweise bei den Strukturförderprogrammen WIR! und T!-Räume bereits der Fall ist. Durch diese Integration lassen sich auch mögliche Komplementaritäten von technologischen und sozialen Innovationen berücksichtigen.
- Die Komplementaritäten von sozialen und technologischen Innovationen sind auch durch den Zugang von sozialen Innovatorinnen und Innovatoren sowie Sozialunternehmen zu Reallaboren zu fördern, so wie es die Bundesregierung in ihrer Strategie bereits vorsieht.

- Bestehende Förderprogramme sollten um spezifische Beratungsangebote wie die Rechtsformberatung für Sozialunternehmen und regionalspezifische Beratung ergänzt werden.

Generalisierung von sozialen Innovationen fördern

Die Generalisierung sozialer Innovationen erfolgt im Wesentlichen über soziale Beziehungen und Netzwerke. Daher unterstützt die Expertenkommission die in der Nationalen Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen angestrebte Einrichtung einer Plattform für soziale Innovationen, um die Verbreitung sozialer Innovationen zu stärken und Förder- und Unterstützungsangebote transparent zu machen. Darüber hinaus empfiehlt die Expertenkommission:

- Eine Messe, etwa als eine „Expo für soziale Innovationen“, sollte unterstützt werden, um erfolgreiche Lösungen zu präsentieren, die Netzwerkbildung zu fördern und dadurch eine Generalisierung anzuregen. Präsentiert werden könnten z. B. Erfahrungsberichte oder

Roadmaps über den gesamten Innovationsprozess, damit andere Initiativen davon lernen können.⁴²²

Finanzierungsmöglichkeiten für Sozialunternehmen zügig verbessern

Sozialunternehmen sind für renditeorientierte Investoren wenig attraktiv, da die Gewinnerzielungsabsicht zumeist nur eine untergeordnete Rolle spielt. Dies kann zur Unterfinanzierung führen. Gleichzeitig ist eine stimmberechtigte Beteiligung von Investoren für Sozialunternehmen mitunter unattraktiv, da sie die Priorisierung gesellschaftlicher Ziele verwässern kann (Mission Drift). Die Expertenkommission unterstützt daher die in der Nationalen Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen vorgesehene Förderung alternativer Finanzierungsformen und empfiehlt:

- Die von der Bundesregierung zur Förderung alternativer Finanzierungsformen geplanten Maßnahmen sollten zügig umgesetzt werden, um den besonderen Bedarfen der Sozialunternehmen gerecht zu werden.

B 4 Künstliche Intelligenz



[Download der
Abbildung
und Daten](#)





B 4 Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) zeichnet sich als Schlüsseltechnologie durch eine hochdynamische Entwicklung aus, verfügt über ein breites Anwendungsspektrum – z. B. in der Automobilindustrie, bei den Finanzdienstleistungen oder in der Medizin – und eröffnet den Anwenderunternehmen und -branchen vielfältige Innovations- und Wachstumspotenziale.⁴²³ Damit besitzt KI ein enormes transformatives Moment, das zu einem grundlegenden Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft führen kann. Aufgrund dieser Eigenschaften wird KI häufig mit Schlüsseltechnologien wie der Dampfmaschine, der Elektrizität oder dem Internet verglichen. Insbesondere der generativen KI, die es ermöglicht, aus sogenannten Grundlagensmodellen z. B. Texte, Bilder oder Programmcodes zu erzeugen, wird ein hohes Innovationspotenzial zugeschrieben.

Die Expertenkommission hat bereits in früheren Jahresgutachten das Thema KI aufgegriffen und diskutiert, inwieweit Deutschland bei der KI-Entwicklung international mithalten kann. Diese Frage stellt sich vor dem Hintergrund der rasanten Entwicklungen im Bereich der generativen KI erneut – neue Akteure bringen erfolgreiche Innovationen hervor, etablierte Akteure passen ihre Strategien an und im politischen Raum werden auf breiter Ebene Fragen der politischen Begleitung und Regulierung diskutiert.

Forschung und Entwicklung (FuE) im Bereich der KI erfordert umfangreiche Daten und Rechenkapazitäten. Grundlagenbezogene Forschung findet dabei sowohl in Forschungseinrichtungen als auch in Unternehmen statt. Die USA und China dominie-

ren im Bereich KI, während Deutschland und die anderen Länder der Europäischen Union (EU-27) im internationalen Vergleich zurückfallen und Gefahr laufen, im Bereich der KI in technologische Abhängigkeiten zu geraten und so die technologische Entwicklung nicht mehr mitgestalten zu können. Deutschland und Europa sind daher gefordert, Maßnahmen zu ergreifen, um ihre technologische Souveränität zu stärken. Dies ist auch eine wichtige Voraussetzung dafür, bei der Entwicklung sowie Nutzung von KI europäische Werte wie Nicht-diskriminierung, Schutz der Privatsphäre und Datenschutz zu wahren.

Um die Innovations- und Wachstumspotenziale von KI nutzen zu können, muss KI in der Breite der Wirtschaft, d. h. in Unternehmen unterschiedlicher Branchen und Größenklassen, zum Einsatz kommen. Zwar planen viele Unternehmen in Deutschland den Einsatz von KI, jedoch überwiegen noch Unsicherheiten und Bedenken hinsichtlich der Reife und Zuverlässigkeit von KI.

Zur Unterstützung eines KI-Ökosystems sollte die Bundesregierung die KI-Forschung weiter fördern und zum Auf- und Ausbau der KI-Infrastruktur in Form von Daten, Rechenkapazitäten, Wagniskapital und Kompetenzen beitragen. Der AI Act sollte im Laufe der Zeit auf Basis der in der Regulierungspraxis gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen im Dialog mit Akteuren anderer Wirtschafts- und Werteräume angepasst werden. Dabei ist auf eine Balance zwischen Rechtssicherheit einerseits und der Schaffung und Ausschöpfung von Innovationspotenzialen andererseits zu achten.

B 4-1 Dynamik der Technologieentwicklung

In den vergangenen Jahren haben Wissenschaft und Wirtschaft die FuE-Aktivitäten im Bereich der KI insgesamt verstärkt. Begünstigt durch die zunehmende Verfügbarkeit von Daten und Rechenkapazität wurden insbesondere im Bereich der generativen KI (vgl. Box B 4-1) die FuE-Aktivitäten enorm ausgeweitet. Dies schlägt sich in einer Zunahme der in wissenschaftlichen Zeitschriften erschienenen KI-Publikationen⁴²⁴ und in einer Zunahme der Anmeldungen transnationaler KI-Patente⁴²⁵ nieder.

Die Abbildungen B 4-2 und B 4-3 zeigen anhand von Indexbetrachtungen, wie sich der Umfang der KI-Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und die Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen sowohl bei der KI insgesamt

als auch bei der generativen KI weltweit entwickelt haben. Transnationale Patentanmeldungen sind Patentanmeldungen, die am Europäischen Patentamt oder bei der World Intellectual Property Organization eingereicht werden.⁴²⁶ Da vor dem Jahr 2013 im Bereich der generativen KI noch keine transnationalen Patente angemeldet wurden, beziehen sich die Indizes auf das Jahr 2013 und die Patentanzahlen dieses Basisjahres werden gleich 100 gesetzt. Bei den wissenschaftlichen Publikationen wird analog verfahren und ihre Anzahl im Jahr 2013 wird gleich 100 gesetzt. Der Betrachtungszeitraum beginnt im Jahr 2010. Der aktuelle Rand liegt bei den Publikationen im Jahr 2022 und bei den transnationalen Patentanmeldungen im Jahr 2020.

Bei den KI-Publikationen betrug der Indexwert im Jahr 2010 78 und stieg bis zum Jahr 2022 um das Achtfache auf 630. Im Bereich der generativen KI lag der Indexwert bei den Publikationen im Jahr

Box B 4-1 Begriffe zu künstlicher Intelligenz

Künstliche Intelligenz

Mit dem Begriff künstliche Intelligenz werden Verfahren, Algorithmen und technologische Lösungen beschrieben, die es erlauben, bisher von Menschen ausgeführte komplexe Vorgänge auf lernende Maschinen und Software zu übertragen.⁴²⁷

Generative KI

Generative KI ist eine Form der KI, die dazu dient, Inhalte wie Texte oder Bilder, Video, Audio oder Computercodes selbst zu erzeugen oder zu bearbeiten. Dies kann unimodal erfolgen (z. B. Text zu Text) oder multimodal (z. B. Text zu Bild oder Bild zu Text).

Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen (ML) zielt darauf ab, mit Hilfe von Lernalgorithmen und Daten komplexe Modelle zu trainieren, die anschließend auf neue, potenziell unbekannte Daten derselben Art angewendet werden.⁴²⁸

Grundlagenmodell

Forschende der Stanford University prägten für KI-Modelle, die auf einer breiten Datenbasis trainiert wurden und Grundlage für die Entwicklung einer Vielzahl spezifischer Anwendungen sein können, den Begriff Foundation Model.⁴²⁹ Im

deutschen Sprachraum werden solche Modelle auch als Grundlagenmodelle bezeichnet.

Große Sprachmodelle und multimodale Modelle

Bei großen Sprachmodellen bzw. Large Language Models (LLM) handelt es sich um Modelle, die natürliche Sprache verarbeiten und generieren. Sie können beispielsweise Texte verfassen und übersetzen sowie Fragen beantworten. Multimodale Modelle verarbeiten und generieren mehrere Modalitäten wie Sprache, Audio und Bild. Große Sprachmodelle und multimodale Modelle sind Ausprägungen von Grundlagenmodellen.

Parameter

Parameter sind numerische Werte, die von maschinellen Lernmodellen während des Trainings erlernt werden.⁴³⁰ Das Sprachmodell Luminous von Aleph Alpha⁴³¹ beispielsweise umfasst je nach Variante 13 bis 70 Milliarden Parameter.⁴³² Das Sprachmodell GPT-4 von OpenAI soll rund 1,8 Billionen Parameter umfassen.⁴³³

Edge AI

Statt in der Cloud werden bei Edge AI Daten dort ausgewertet, wo sie entstehen.⁴³⁴

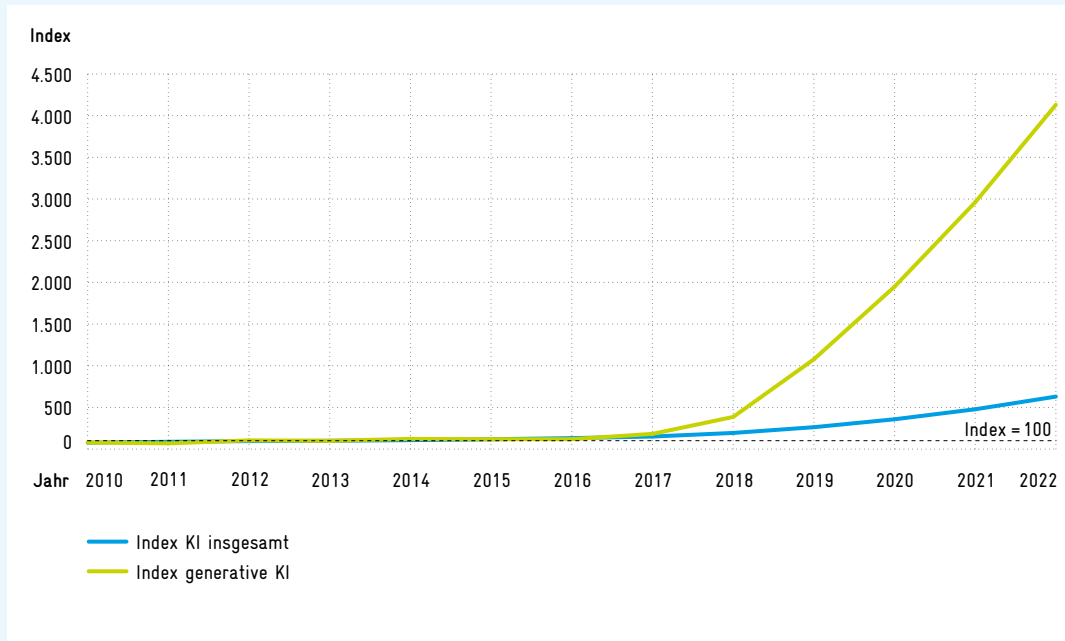
Federated Learning

Federated Learning ist ein ML-Verfahren, bei dem mehrere Einheiten zusammenarbeiten, ohne direkt Daten auszutauschen. Die Koordination erfolgt durch einen zentralen Server.⁴³⁵

Abb. B 4-2 Wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI weltweit 2010–2022 als Indexwerte



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



Index: 2013 = 100.

Lesebeispiel: Im Jahr 2020 wurden im Bereich KI weltweit 3,6-mal so viele wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht wie im Jahr 2013, im Bereich generativer KI wurden in jenem Jahr 19,5-mal so viele wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht wie im Jahr 2013.

Quelle: Clarivate-Datenbank Web of Science (verwendete Datenbank-Editionen: SCIE, SSCI, AHCI, CPCI) in XML-Format, 2010–2022.

Eigene Berechnungen im Rahmen des Kompetenznetzwerks Bibliometrie (KB).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

2010 bei 80 und erhöhte sich bis zum Jahr 2022 sogar um den Faktor 52 auf 4.130.

Der Indexwert für die transnationalen KI-Patente stieg von 50 im Jahr 2010 auf 820 im Jahr 2020 – das entspricht einer Versechzehnfachung. Während es im Bereich der generativen KI im Jahr 2010 noch zu keinen Anmeldungen transnationaler Patente kam, betrug der Indexwert im Jahr 2020 bereits 4.420.

B 4-2 Positionierung Deutschlands und der EU bei KI

Die Positionierung Deutschlands und der EU bei der KI lässt sich anhand von Publikations- und Patentdaten darstellen. Im Feld der generativen KI ist es sinnvoll, darüber hinaus Daten zu Modellen des maschinellen Lernens (ML-Modelle) zu betrachten.

KI-Publikationen: Deutschland und EU weit hinter China

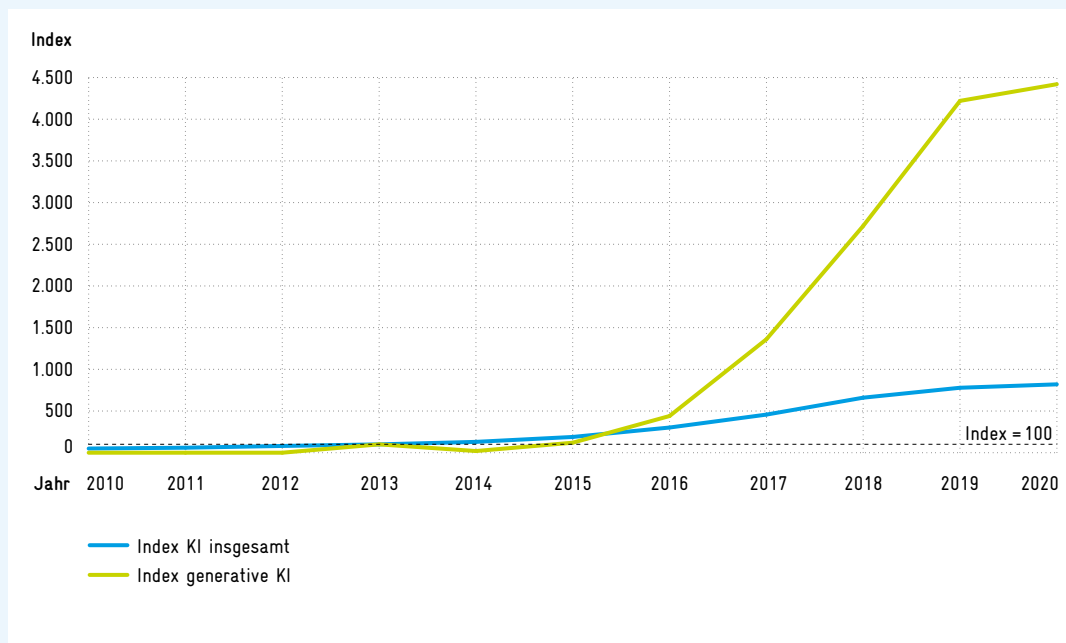
Im Jahr 2022 sind weltweit 147.700 KI-Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften erschienen, davon entfielen 36,4 Prozent auf China (vgl. Abbildung B 4-4).⁴³⁶ Mit weitem Abstand folgten die USA mit 11,6 Prozent, Indien mit 6,3 Prozent, Südkorea mit 3,5 Prozent und das Vereinigte Königreich mit 3,4 Prozent. Deutschland wies nur einen Anteil von 2,7 Prozent an den KI-Publikationen auf. Die EU-27 erreichten zusammen einen Anteil von 14,5 Prozent.

Während China seinen Anteil im Zeitraum 2010 bis 2022 um 22,9 Prozentpunkte steigern konnte, ging der Anteil der USA um 5,3 Prozentpunkte zurück. Deutschland verzeichnete einen Rückgang von 1,4 Prozentpunkten. Der Anteil der EU-27, der 2010 noch höher als der Chinas war, sank im Zeitraum 2010 bis 2022 deutlich um 11,8 Prozentpunkte.⁴³⁷

Abb. B 4-3 Transnationale Patentanmeldungen im Bereich KI weltweit 2010-2020 als Indexwerte



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



Für das Jahr 2020 kann eine Untererfassung der Patentanmeldungen nicht ausgeschlossen werden, da zum Stichpunkt der Datenerhebung im Oktober 2023 möglicherweise nicht alle relevanten Patentanmeldungen aus dem Jahr 2020 bereits veröffentlicht waren.

Index: 2013 = 100.

Lesebeispiel: Im Jahr 2020 wurden im Bereich KI weltweit 8,2-mal so viele Patente angemeldet wie im Jahr 2013, im Bereich generativer KI wurden im Jahr 2020 44,2-mal so viele Patente angemeldet wie im Jahr 2013.

Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.

© EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Im Bereich der generativen KI entfielen 40,3 Prozent der im Zeitraum 2017 bis 2022 veröffentlichten wissenschaftlichen Publikationen auf Autorinnen und Autoren chinesischer Organisationen (vgl. Abbildung B 4-5). Die USA folgten mit einem Anteil von 14,4 Prozent. Damit stammte mehr als die Hälfte der Publikationen in diesem Feld aus China und den USA. Der Anteil Deutschlands lag – wie bei den KI-Publikationen insgesamt – bei lediglich 2,7 Prozent. Autorinnen und Autoren von Organisationen aus den EU-27 haben 11,8 Prozent der Publikationen verfasst.

Die meisten KI-Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften gehen auf Autorinnen und Autoren zurück, die an Universitäten tätig sind.⁴³⁸ Es gibt jedoch auch Bereiche innerhalb der KI, in denen Unternehmen sehr intensiv Forschung betreiben und publizieren und die eng mit generativen KI-Modellen verbunden sind. So gehörten Microsoft, Google, die Alibaba Group und Amazon zu den zehn Organisationen, die im Jahr 2021 im Feld der lin-

guistischen Datenverarbeitung (Natural Language Processing) die meisten Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht haben.⁴³⁹ Im Feld der Spracherkennung (Speech Recognition) zählten Microsoft, Google, Tencent und Amazon zu den TOP-10 der publizierenden Organisationen.⁴⁴⁰ Deutsche Unternehmen oder Unternehmen der EU waren in beiden Feldern unter den zehn Organisationen mit den meisten wissenschaftlichen Publikationen nicht zu finden.

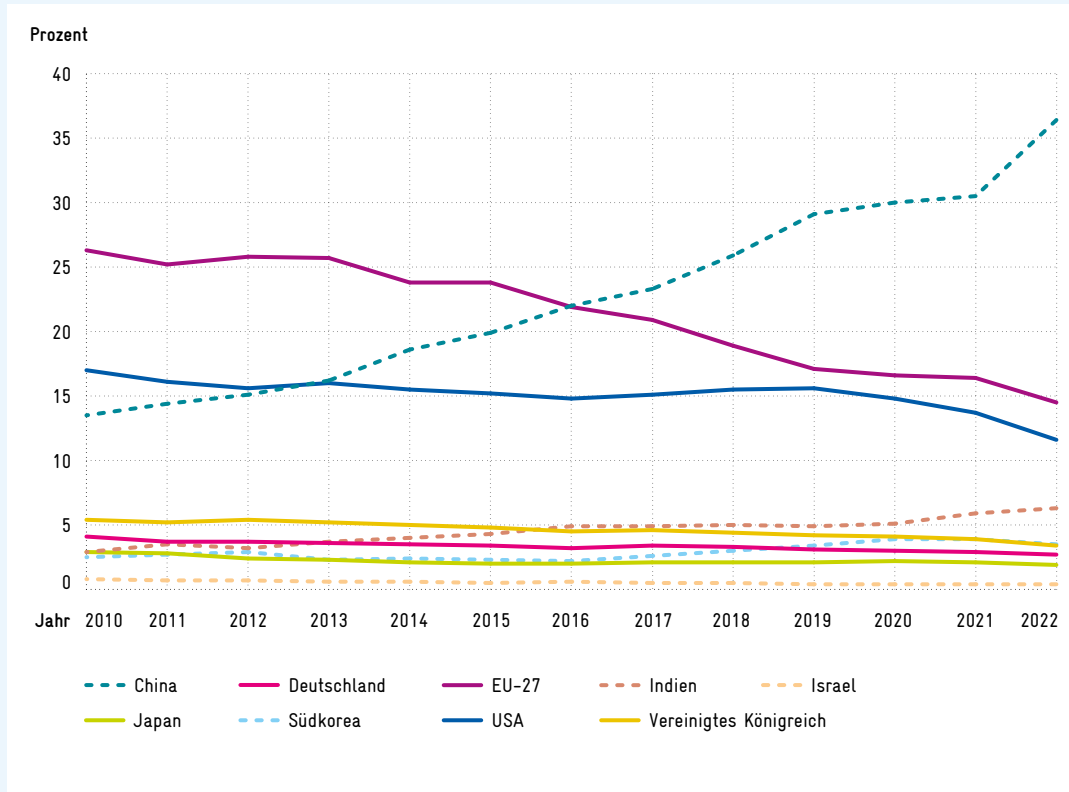
KI-Patentanmeldungen: Anteile Deutschlands und der EU rückläufig

Die Daten zu den angemeldeten transnationalen KI-Patenten im Jahr 2020 zeigen, dass die Mehrheit der Erfinderinnen und Erfinder in China und den USA ansässig war, mit Anteilen von 28,5 bzw. 26,6 Prozent (vgl. Abbildung B 4-6).⁴⁴¹ Deutschland wies einen Anteil von 6,5 Prozent auf. Der Anteil der EU-27 lag mit 16,2 Prozent unter dem Chinas und dem der USA.

Abb. B 4-4 Anteile ausgewählter Länder an wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI 2010-2022 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

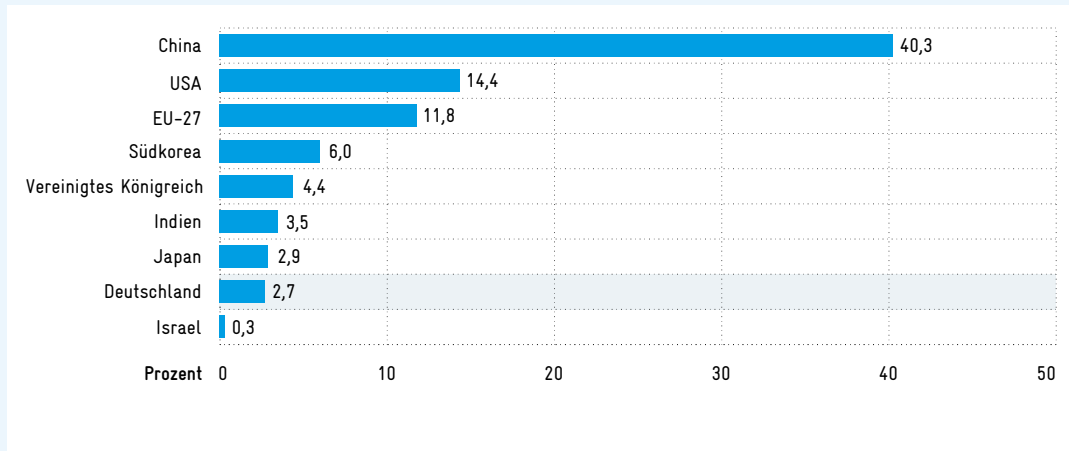


Lesebeispiel: Der Anteil Chinas bei wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI stieg von 13,5 Prozent im Jahr 2010 auf 36,4 Prozent im Jahr 2022.
Quelle: Clarivate-Datenbank Web of Science (verwendete Datenbank-Editionen: SCIE, SSCI, AHCI, CPCI) in XML-Format, 2010-2022. Eigene Berechnungen im Rahmen des Kompetenznetzwerks Bibliometrie (KB). Fraktionierte Zählweise.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Abb. B 4-5 Anteile ausgewählter Länder an wissenschaftlichen Publikationen im Bereich generativer KI 2017-2022 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Im Zeitraum 2017 bis 2022 lag der Anteil Indiens bei den wissenschaftlichen Publikationen im Bereich generativer KI bei 3,5 Prozent.
Quelle: Clarivate-Datenbank Web of Science (verwendete Datenbank-Editionen: SCIE, SSCI, AHCI, CPCI) in XML-Format, 2017-2022. Eigene Berechnungen im Rahmen des Kompetenznetzwerks Bibliometrie (KB). Fraktionierte Zählweise.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Im Zeitraum 2010 bis 2020 stieg der Anteil Chinas um 25 Prozentpunkte, während der Anteil der USA um 6,7 Prozentpunkte zurückging. Deutschlands Anteil sank um 4,1 Prozentpunkte. Der Anteil der EU-27 war ebenfalls rückläufig und ging im Beobachtungszeitraum um 9 Prozentpunkte zurück.⁴⁴²

Im Bereich der generativen KI lagen die USA mit 32,9 Prozent aller weltweit im Zeitraum 2017 bis 2020 angemeldeten transnationalen Patente vorn, gefolgt von China mit 24,5 Prozent der Anmeldungen (vgl. Abbildung B 4-7). Auf Deutschland entfielen 6,1 Prozent und auf die EU-27 insgesamt 15,3 Prozent der im Bereich der generativen KI angemeldeten transnationalen Patente.

Wie in anderen Technologiefeldern wird auch in der KI der überwiegende Anteil der Patente von Unternehmen angemeldet. Zu den 20 Organisationen, die im Zeitraum 2010 bis 2020 die meisten transnationalen KI-Patente anmeldeten, gehören jeweils fünf japanische und US-amerikanische Unternehmen,

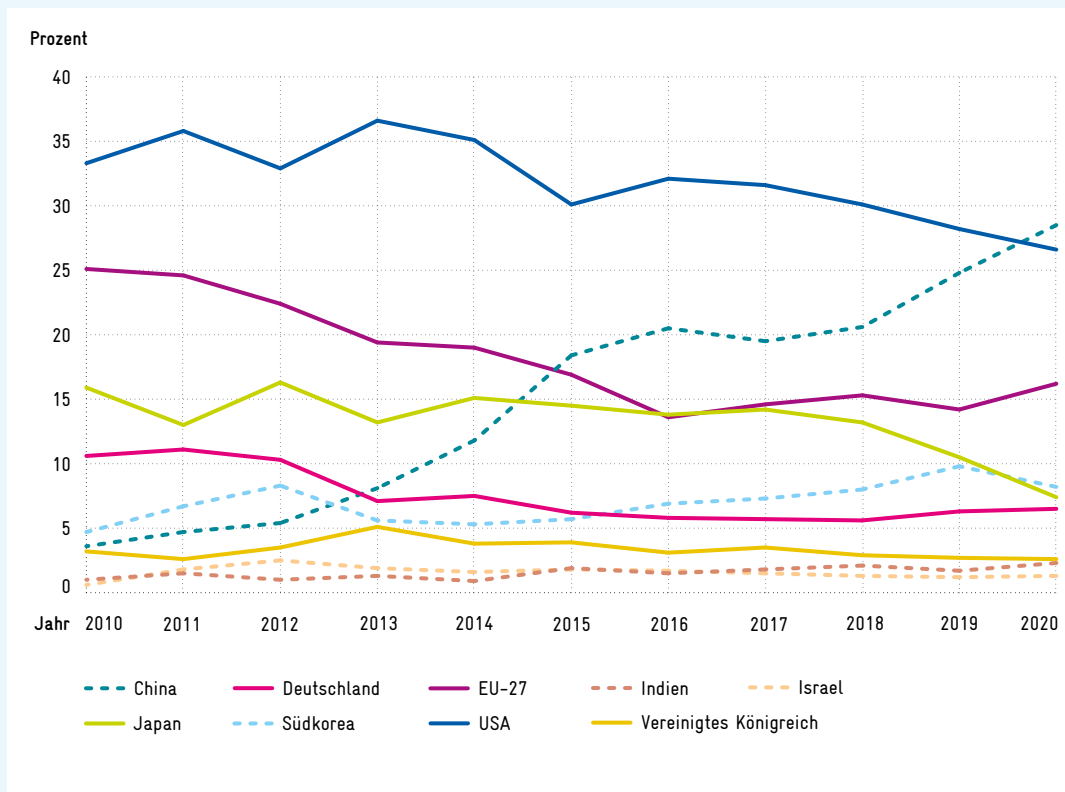
vier chinesische Unternehmen, jeweils zwei deutsche und südkoreanische Unternehmen und jeweils ein finnisches und niederländisches Unternehmen (vgl. Abbildung B 4-8). Bei den beiden deutschen Unternehmen handelt es sich um Siemens und Bosch.

Im Bereich der generativen KI ergibt sich – bei einer vergleichsweise geringen Anzahl der Patente – ein ähnliches Bild wie bei der KI insgesamt (vgl. Abbildung B 4-9). Sieben US-amerikanische Unternehmen, vier chinesische Unternehmen und eine chinesische Forschungseinrichtung, zwei deutsche und zwei japanische Unternehmen sowie ein südkoreanisches, ein niederländisches, ein schwedisches und ein finnisches Unternehmen gehören zu den 20 Organisationen, die im Zeitraum 2010 bis 2020 in diesem Feld die meisten transnationalen Patente angemeldet haben. Bei den beiden deutschen Unternehmen handelt es sich wieder um Siemens und Bosch, die auch bei den KI-Patenten insgesamt zu den Top-Organisationen gehören.

Abb. B 4-6 Anteile ausgewählter Länder an transnationalen Patentanmeldungen im Bereich KI 2010–2020 in Prozent

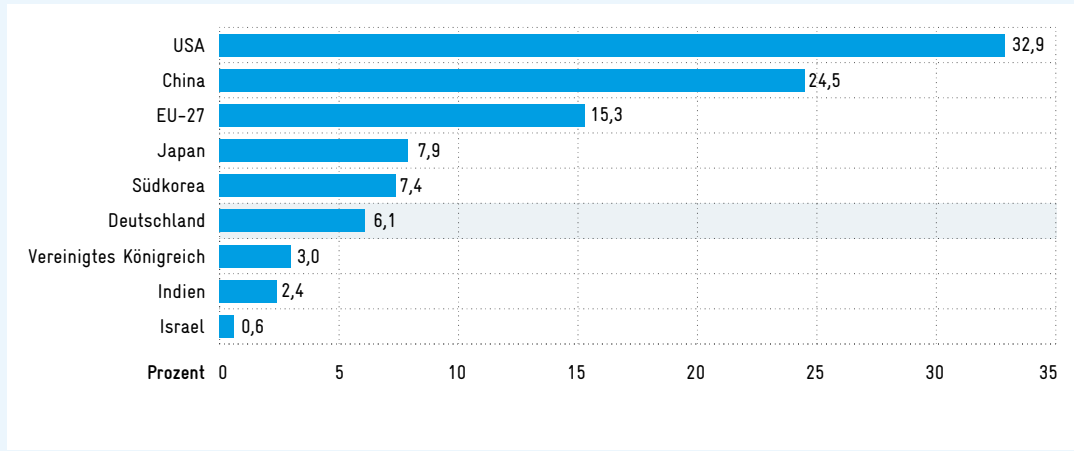


[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Im Jahr 2019 entfielen 28,2 Prozent der transnationalen Patentanmeldungen im Bereich KI auf die USA.
Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen. Fraktionierte Zählweise.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

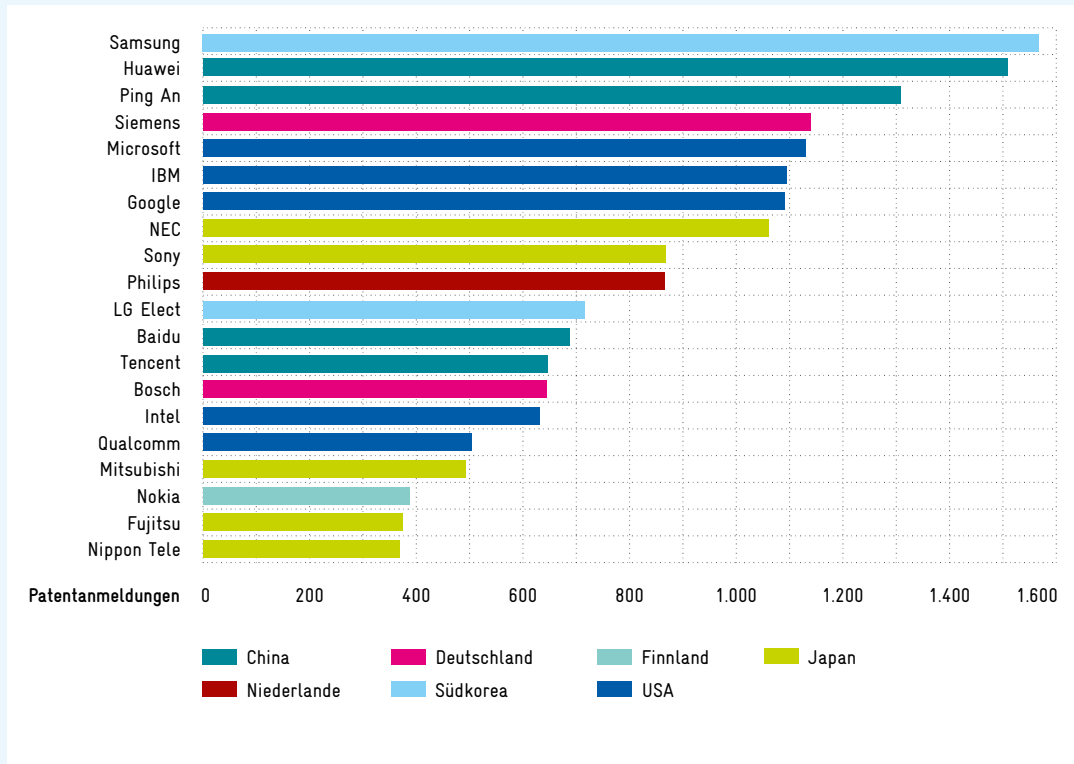
Abb. B 4-7 Anteile ausgewählter Länder an transnationalen Patentanmeldungen im Bereich generativer KI 2017-2020 in Prozent



Lesebeispiel: Die EU-27 hatten im Zeitraum 2017 bis 2020 einen Anteil von 15,3 Prozent an den transnationalen Patentanmeldungen im Bereich KI.
Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen. Fraktionierte Zählweise.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

[Download der Abbildung und Daten](#)

Abb. B 4-8 Transnationale Patentanmeldungen im Bereich KI nach anmeldenden Organisationen und deren Hauptsitz 2010-2020



Lesebeispiel: Das chinesische Unternehmen Huawei meldete im Betrachtungszeitraum 1.508 KI-Patente an.
Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen. Fraktionierte Zählweise.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

[Download der Abbildung und Daten](#)

KI-Modelle: Deutschland und EU noch am Anfang

Nicht alle Neuerungen und Weiterentwicklungen im Bereich der KI werden durch Publikationen oder Patente dokumentiert. So gibt es beispielsweise keine wissenschaftlichen Publikationen oder Patente zur Modellarchitektur von GPT-4, dem großen Sprachmodell von OpenAI. Um – gerade auch im Feld der generativen KI – die internationale Wettbewerbssituation einschätzen zu können, ist es deshalb sinnvoll, neben Publikationen und transnationalen Patenten auch Entwicklungssprünge im Bereich der ML-Modelle (vgl. Box B 4-1) zu betrachten.

Der Artificial Intelligence Index Report 2023 des Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI) hat basierend auf Daten von Epoch AI für das Jahr 2022 die Veröffentlichung von 38 besonders bedeutenden ML-Modellen erfasst, von denen 32 aus dem Unternehmenssektor

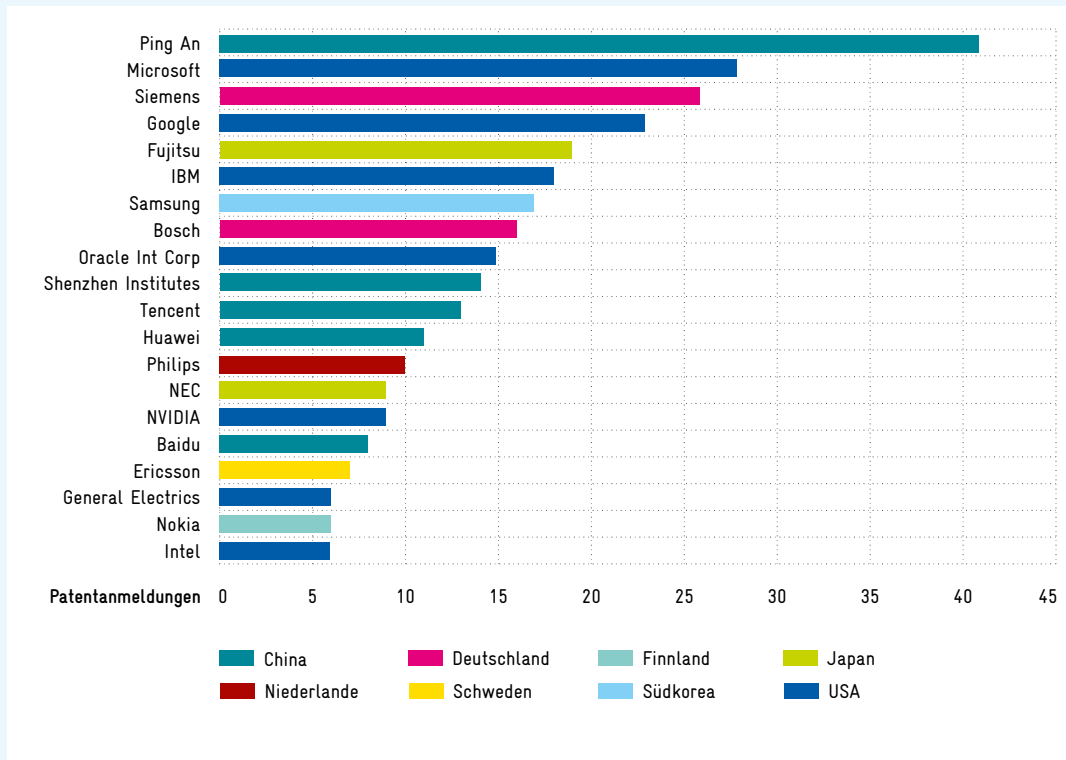
stammen.⁴⁴³ Bis 2014 entfiel der größte Anteil der ML-Modelle noch auf den Wissenschaftssektor. Im Zeitverlauf haben sich die Größe, der Trainingsaufwand und damit die Kosten solcher ML-Modelle fortlaufend erhöht⁴⁴⁴ und belaufen sich nun auf bis zu zweistellige Millionenbeträge in US-Dollar.⁴⁴⁵ Hochschulen und mit öffentlichen Mitteln finanzierte außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (AUF) können bei der Entwicklung solcher Modelle schneller an Budgetgrenzen stoßen als große IT-Unternehmen. Auch Start-ups fehlen häufig die hierfür notwendigen finanziellen Ressourcen.

Unter den bedeutenden ML-Modellen gewinnen große Sprachmodelle und multimodale Modelle an Relevanz, da sie als Grundlagenmodelle an eine Vielzahl nachgelagerter Aufgaben angepasst werden können. Die Anzahl der Länder, die an der Entwicklung solcher Modelle beteiligt sind, hat sich im Zeitverlauf erhöht. Gemäß dem Artificial Intelligence Index Report 2023 wurden im Jahr 2019 noch alle großen Sprachmodelle und multi-

Abb. B 4-9 Transnationale Patentanmeldungen im Bereich generativer KI nach anmeldenden Organisationen und deren Hauptsitz 2010–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Das US-amerikanische Unternehmen Microsoft meldete im Betrachtungszeitraum 28 Patente im Bereich generativer KI an.
Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen. Fraktionierte Zählweise.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

modalen Modelle in den USA entwickelt.⁴⁴⁶ Von den im Jahr 2022 veröffentlichten großen Sprachmodellen und multimodalen Modellen stammten noch etwas mehr als die Hälfte aus den USA (54,2 Prozent). Darüber hinaus waren das Vereinigte Königreich (21,9 Prozent), China (8,0 Prozent), Kanada (6,3 Prozent), Israel (5,8 Prozent), Deutschland (3,1 Prozent) und Indien (0,9 Prozent) an der Entwicklung großer Sprachmodelle und multimodaler Modelle beteiligt. Kanada, Deutschland und Indien haben 2022 mit Stable Diffusion, GPT-NeoX-20B und Imagen erstmals zu großen Sprach- und multimodalen Modellen beigetragen.⁴⁴⁷ Im Jahr 2023, also außerhalb des Betrachtungszeitraums des Artificial Intelligence Index Report 2023, kamen weitere Länder hinzu. So veröffentlichten das Technology Innovation Institute aus den Vereinigten Arabischen Emiraten mit Falcon 40B und Falcon 180B und das französische Start-up Mistral AI mit Mistral 7b v0.1 große Sprachmodelle.⁴⁴⁸

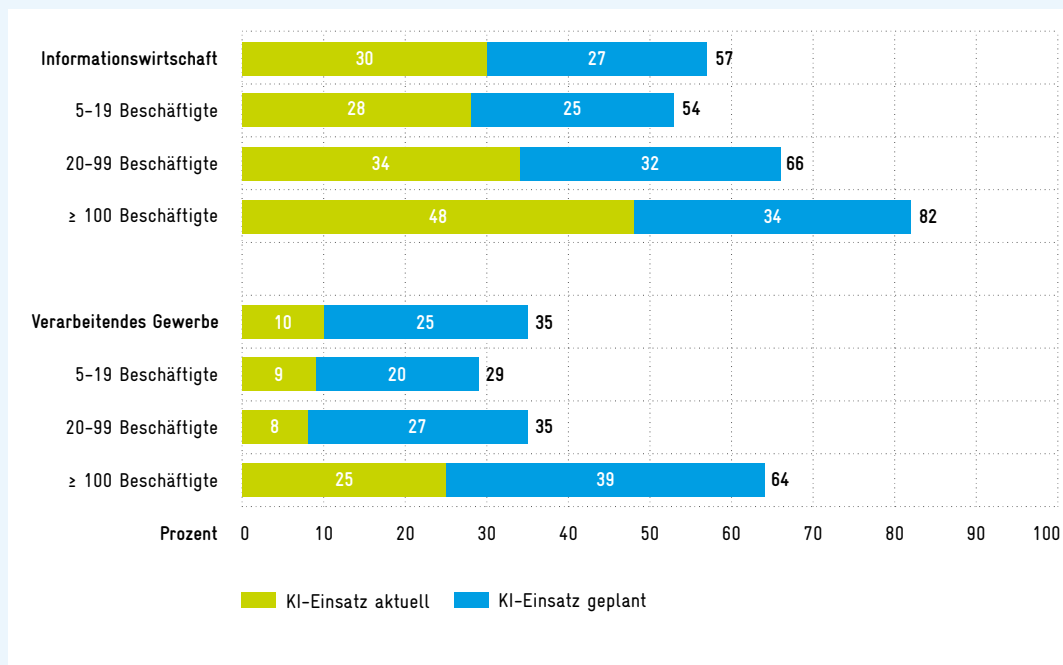
B 4-3 Anwendung von KI als Innovations- und Wachstumstreiber

Um die Innovations- und Wachstumspotenziale einer neuen Technologie nutzen zu können, muss diese Technologie in der Breite der Wirtschaft zum Einsatz kommen. Im Gegensatz zu Schlüsseltechnologien wie der Dampfmaschine und der Elektrizität hat die Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien bislang nicht zu großen Produktivitätsschüben geführt. Für dieses sogenannte Productivity Puzzle gibt es verschiedene Erklärungsansätze.⁴⁴⁹ Der Faktor Zeit spielt dabei eine wichtige Rolle. So ist davon auszugehen, dass sich die Diffusion einer Schlüsseltechnologie wie der künstlichen Intelligenz über einen längeren Zeitraum erstreckt und nur ungleichmäßig in den verschiedenen Branchen ankommt.⁴⁵⁰ Dabei gibt es Tätigkeiten, insbesondere physischer Art, die sich nicht durch KI unterstützen oder ersetzen lassen. Außerdem bedarf es jeweils anwendungs-

Abb. B 4-10 KI-Einsatz in Unternehmen in Deutschland nach Unternehmensgröße 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

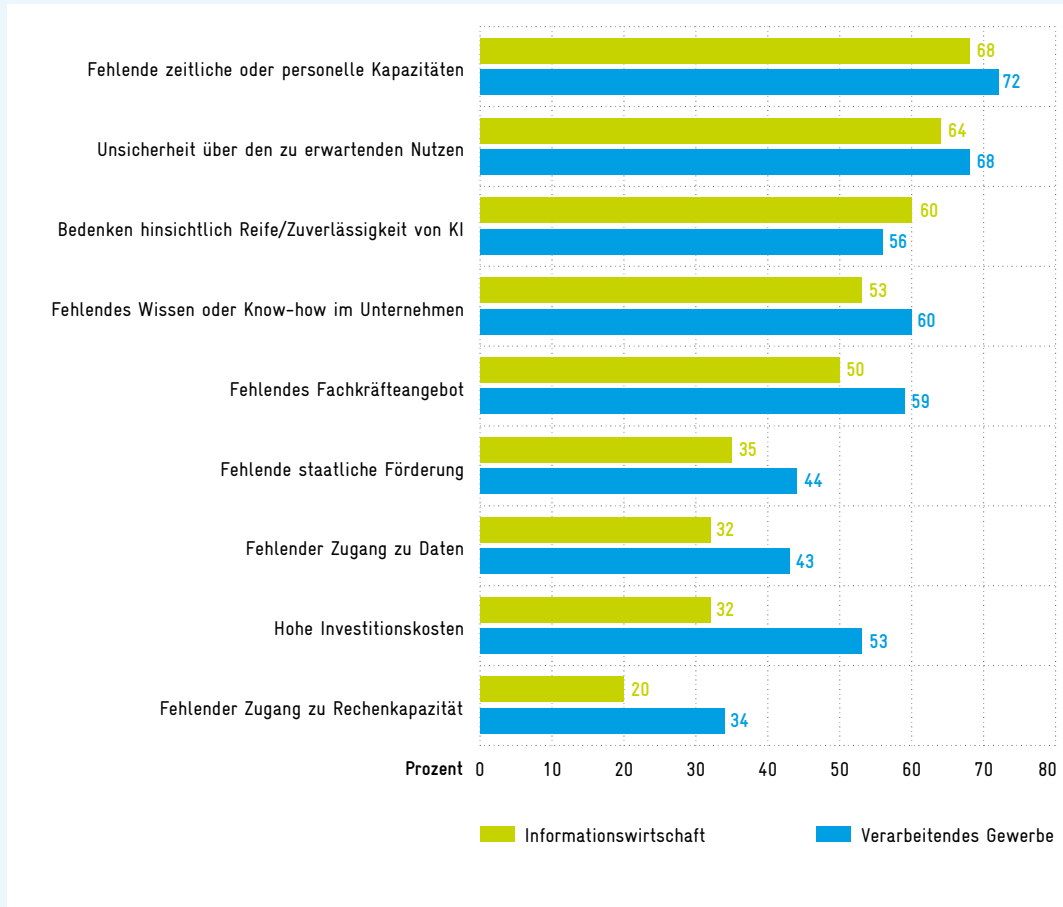


Die Unternehmen wurden nach dem Einsatz von KI in mindestens einem der folgenden Bereiche gefragt: „Als Bestandteil eigener Produkte/Dienstleistungen“, „Bei der Verbesserung/Entwicklung neuer Produkte/Dienstleistungen“, „Bei der Verbesserung/Entwicklung neuer Prozesse“, „In sonstigen Bereichen/Für sonstige Zwecke“. Abweichungen in der Summe sind durch Rundungen möglich. Lesebeispiel: In der Informationswirtschaft gaben 30 Prozent der Unternehmen an, KI in mindestens einem der abgefragten Bereiche einzusetzen. Darüber hinaus planten 27 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft, künftig KI einzusetzen. Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2023. © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Abb. B 4-11 Hindernisse für KI-Einsatz in Unternehmen in Deutschland 2023 in Prozent



[Download der
Abbildung
und Daten](#)



Lesbeispiel: 68 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft gaben an, dass fehlende zeitliche oder personelle Kapazitäten den Einsatz von KI erschwerten.
Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2023.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

spezifischer Innovationen sowie komplementärer Investitionen, beispielsweise in Schnittstellentechnologien, in die Arbeitsorganisation oder in Humankapital, um die Produktivitätspotenziale der KI ausschöpfen zu können.⁴⁵¹ Ökonometrische Analysen für Deutschland zeigen, dass Unternehmen, die KI nutzen, sowohl innovativer als auch produktiver sind, wobei dies noch keine kausale Wirkung von KI belegt.⁴⁵²

Eine im Auftrag der Expertenkommission durchgeführte repräsentative Umfrage zeigt, dass 2023 in Deutschland 10 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und 30 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft KI eingesetzt haben (vgl. Abbildung B 4-10). Diese Ergebnisse lassen allerdings keinen Schluss darauf zu, welchen Nutzungsgrad der Einsatz von KI in den Unternehmen aufweist.⁴⁵³ Ein zukünftiger Einsatz von KI war

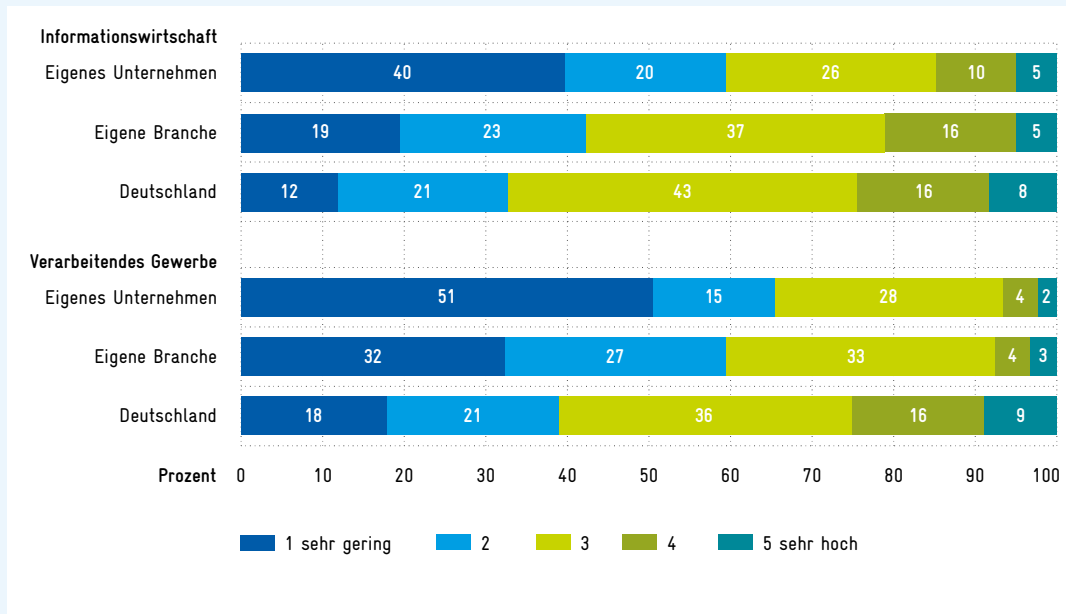
von weiteren 27 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und von 25 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe geplant. Der Anteil der Unternehmen, die KI einsetzen oder den Einsatz von KI planen, nimmt mit der Unternehmensgröße zu.⁴⁵⁴

Die größten Hindernisse für den Einsatz von KI waren sowohl in der Informationswirtschaft als auch im Verarbeitenden Gewerbe ein Mangel an zeitlichen oder personellen Kapazitäten (68 und 72 Prozent), Unsicherheit über den zu erwartenden Nutzen (64 und 68 Prozent), Bedenken hinsichtlich der Reife bzw. der Zuverlässigkeit von KI (60 und 56 Prozent) sowie fehlendes Wissen und Know-how im Unternehmen (53 und 60 Prozent) (vgl. Abbildung B 4-11). Ein fehlendes Fachkräfteangebot nannten die Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes deutlich häufiger als Hindernis für den Einsatz von



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Abb. B 4-12 Einschätzung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich KI 2023 in Prozent



Abweichungen in der Summe sind durch Rundungen möglich.
Lesebeispiel: Ein Anteil von 5 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft schätzte die internationale Wettbewerbsfähigkeit des eigenen Unternehmens im Bereich KI als sehr hoch ein.
Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2023.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

KI als die Unternehmen der Informationswirtschaft (59 gegenüber 50 Prozent).

Nur 15 Prozent der Unternehmen der Informationswirtschaft und 6 Prozent der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes schätzten die internationale Wettbewerbsfähigkeit ihres eigenen Unternehmens im Bereich KI als hoch oder sehr hoch ein (vgl. Abbildung B 4-12). Etwas häufiger wiesen sie den Unternehmen der eigenen Branche (rund 21 und 7 Prozent) sowie den Unternehmen in Deutschland insgesamt (rund 24 und 25 Prozent) im Bereich KI eine sehr hohe oder hohe Wettbewerbsfähigkeit zu.

Ein weiteres Ergebnis der Befragung ist, dass 32 Prozent der Unternehmen der Informationswirtschaft und 26 Prozent der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes durch die zunehmende Verbreitung von KI eine steigende Abhängigkeit von nicht-europäischen KI-Anbietern erwarteten.

Die Expertenkommission konstatiert, dass relativ viele Unternehmen derzeit den Einsatz von KI planen. Jedoch herrschen, wie die von den Unternehmen benannten Hemmnisse für die Nutzung von

KI zeigen, Bedenken und Unsicherheit vor. Zudem fehlen in den Unternehmen KI-Kompetenzen.

B 4-4 Technologische Souveränität und europäische Werte

Bei KI handelt es sich um eine Schlüsseltechnologie, die die technologische und ökonomische Entwicklung in den kommenden Jahren entscheidend mitprägen wird.⁴⁵⁵ KI zeichnet sich durch eine breite Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Technologien und Branchen aus, und das sehr oft ohne gleichwertige technologische Alternative. Die hohe Dynamik bei FuE im Bereich KI untermauert, dass noch ein hohes Potenzial für Leistungssteigerungen bei der KI selbst sowie bei ihren, teilweise auch neuen, Anwendungsbereichen besteht.

Als Schlüsseltechnologie hat KI eine zentrale Bedeutung für zukünftige Innovations- und Wachstumspotenziale in Deutschland und Europa sowie für die Möglichkeiten, wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformationsprozesse mitzugestalten und so zur Lösung der großen gesellschaftlichen Heraus-

forderungen beizutragen.⁴⁵⁶ Um diese Potenziale nutzen zu können, müssen Deutschland und Europa ein hohes Maß an technologischer Souveränität aufweisen.

Technologische Souveränität im Bereich KI setzt voraus, dass Deutschland und Europa KI-Technologien selbst vorhalten, weiterentwickeln und bei ihrer Standardisierung mitwirken können oder über die Möglichkeit verfügen, diese Technologien ohne einseitige Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen zu beziehen und anzuwenden. Damit ist das Beherrschen der Technologie eine wesentliche Voraussetzung für die technologische Souveränität, was entsprechende Kompetenzen im Umgang mit KI voraussetzt.⁴⁵⁷

Die Expertenkommission sieht mit Sorge, dass Deutschland und die EU-27 sowohl bei der Veröffentlichung wissenschaftlicher KI-Publikationen als auch bei der Anmeldung von KI-Patenten im internationalen Vergleich weiter zurückfallen. Auch bei der Entwicklung von bedeutenden ML-Modellen sind Deutschland und Europa nicht international führend. Insgesamt besteht so die Gefahr, an technologischer Souveränität einzubüßen.⁴⁵⁸

KI-Anwendungen können mit Risiken verbunden sein. So können beispielsweise gezielte Falschinformationen Wahlentscheidungen beeinflussen oder über Trainingsdaten Vorurteile reproduziert werden, die zu diskriminierenden Entscheidungen führen. Die Europäische Union (EU) verfolgt für die Entwicklung und Nutzung von KI einen menschenzentrierten Ansatz, den Schutz von EU-Werten und Grundrechten wie Nichtdiskriminierung, Schutz der Privatsphäre und Datenschutz sowie die nachhaltige und effiziente Nutzung von Ressourcen.⁴⁵⁹ Technologische Souveränität ist daher auch Voraussetzung dafür, dass KI-Modelle im eigenen kulturellen Kontext entwickelt werden und so gewährleistet werden kann, dass sie im Einklang mit europäischen Werten stehen.

B 4-5 Open-Source-Modelle

Für die Entwicklung von KI-Anwendungen haben Grundlagenmodelle eine hohe Bedeutung. Das heißt, Entwicklerinnen und Entwickler von Anwendungen, die auf Grundlagenmodellen aufbauen, müssen entweder über eigene Grundlagenmodelle verfügen oder Zugriff auf Grundlagenmodelle

anderer haben. Wenn dies in Deutschland und Europa nicht der Fall ist, ist die technologische Souveränität nicht gewährleistet.

Für die Entwicklung von KI-Grundlagenmodellen wie den großen Sprachmodellen ist eine leistungsfähige Recheninfrastruktur erforderlich. Diese Infrastruktur ist derzeit häufig nur über die großen Cloud-Anbieter verfügbar. Das Angebot hierfür ist in Deutschland und Europa nur sehr begrenzt. Es ist daher zu erwarten, dass aufgrund der fortschreitenden Skalierung von Grundlagenmodellen Akteure in Wissenschaft und Wirtschaft zunehmend auf außereuropäische Cloud-Anbieter zurückgreifen und damit die Gatekeeper-Rolle dieser Unternehmen verstärkt wird.⁴⁶⁰

Die technologische Souveränität Deutschlands und Europas kann geschwächt werden, wenn es bei Grundlagenmodellen und darauf aufbauenden Anwendungen zu einer Marktkonzentration durch vertikale Unternehmensintegration⁴⁶¹ außereuropäischer Anbieter kommt. Zudem können europäische Werte gefährdet sein, wenn Grundlagenmodelle zu verzerrten Ergebnissen bei Anwendungen, die auf ihnen aufbauen, führen und dies nicht behoben werden kann.

Zur Stärkung der technologischen Souveränität und für eine KI, die im Einklang mit den europäischen Werten steht, wird Open Source eine hohe Bedeutung zugeschrieben.⁴⁶² Grundlagenmodelle können als Closed- oder als Open-Source-Modelle zur Verfügung stehen. Anders als bei Closed-Source-Modellen werden bei Open-Source-Modellen die Codes, die Trainingsdaten und die Modellarchitektur offengelegt, wobei unterschiedliche Grade der Offenheit existieren.⁴⁶³ Auch einige Grundlagenmodelle kommerzieller Anbieter haben einen hohen Offenheitsgrad.⁴⁶⁴ Teilweise erfolgt jedoch beim Übergang auf neue Versionen ein Wechsel von Open- zu Closed-Source-Modellen.⁴⁶⁵ So veröffentlichte OpenAI sein Grundlagenmodell GPT-2 XL noch als Open-Source-Modell, GPT-3 und nachfolgende Versionen aber als Closed-Source-Modelle.⁴⁶⁶

Für kommerzielle Unternehmen besteht der Anreiz, Grundlagenmodelle zu entwickeln, wenn sich daraus Verdienstmöglichkeiten ergeben. Dies ist der Fall, wenn die Unternehmen externen Nutzerinnen und Nutzern – etwa in Verbindung mit Cloud-Diensten – gegen ein Entgelt die Entwicklung von Anwendungen auf Basis der Grundlagenmodelle

ermöglichen. Auch bei Open-Source-Grundlagenmodellen können sich Verdienstmöglichkeiten ergeben, wenn – aufbauend auf selbst entwickelten Open-Source-Modellen – eigene KI-Anwendungen angeboten werden, die entweder kostenpflichtig sind oder Werbeeinnahmen generieren. Für die Unternehmen ergibt sich hier zudem der Vorteil, dass Unternehmensexterne sich an der Verbesserung des Modells beteiligen können. Wie sich der Markt für Grundlagenmodelle und KI-Anwendungen weiterentwickeln wird, ist noch nicht absehbar.

Open-Source-Modelle können den Wettbewerb stärken und bieten mehr Innovationsmöglichkeiten als Closed-Source-Modelle, da sie in der Regel besser anpassbar sind.⁴⁶⁷ Zudem können Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft, insbesondere Startups und KMU, von den verhältnismäßig niedrigen Kosten der Open-Source-Nutzung profitieren und vorhandene Open-Source-Modelle einsetzen, um domänenspezifisch zu innovieren und die Produktivität zu steigern.⁴⁶⁸ Dies erhöht den Wettbewerb und die Angebotsvielfalt und beugt somit Monopolisierungstendenzen vor. Darüber hinaus haben Open-Source-Modelle den Vorteil, dass Programmierfehler oder potenzielle Verzerrungen, die bei der Analyse von Daten entstehen, schneller identifiziert und behoben werden können. Dies ist der Transparenz und Zuverlässigkeit von KI-Modellen förderlich.⁴⁶⁹

Aufgrund der genannten Vorteile kann die (kollaborative) Entwicklung von großen Open-Source-Modellen in Deutschland und Europa zur Stärkung der technologischen Souveränität und zu einer KI-Nutzung im Einklang mit europäischen Werten beitragen. Aufbauend auf Open-Source-Modellen können sich die deutsche und die europäische Wissenschaft und Wirtschaft den Zugang zu KI sichern, ohne auf die wenigen großen außereuropäischen Anbieter angewiesen zu sein. Zudem können eigene KI-Fähigkeiten weiterentwickelt werden, was für die Beherrschung einer Technologie unerlässlich ist. Dies kann erheblich dazu beitragen, im Technologiewettbewerb aufzuholen.⁴⁷⁰

Die Erstellung von Grundlagenmodellen ist mit hohen Kosten verbunden, insbesondere für Rechenkapazitäten und Trainingsdaten (vgl. Abschnitt B 4–6). Diese Kosten sind zu hoch, als dass sie allein von einer Open-Source-Entwicklergemeinschaft

getragen werden könnten. Auch mangelt es bei Open-Source-Systemen oftmals an der nötigen Sicherheitsarchitektur. Beides mag die Entwicklung von Grundlagenmodellen auf Basis von Open Source behindern. Politische Unterstützung könnte hier Abhilfe schaffen.

B 4-6 KI-Innovationsökosystem in Deutschland

Um bei der Entwicklung und Anwendung von KI nicht weiter zurückzufallen, gilt es für Deutschland und Europa, sowohl in der Breite aufzuholen als auch Spezialisierungen voranzutreiben und in diesen die Technologieführerschaft zu erlangen. Insbesondere die generative KI steht als sehr junge Variante der KI noch am Anfang ihres Technologielebenszyklus. Mit dem Aufbau eines leistungsfähigen KI-Ökosystems haben Deutschland und die EU durchaus noch Möglichkeiten, mit Innovationen sowohl bei der generativen KI als auch bei KI-Anwendungen an der Spitze der internationalen Technologieentwicklung mitzuspielen. Große KI-Unternehmen, wie sie es in den USA und China gibt, stehen dabei jedoch nicht zur Verfügung. Deutschland und Europa benötigen daher starke KI-Innovationsökosysteme.⁴⁷¹ Ein KI-Ökosystem umfasst eine Vielzahl von Komponenten. Dazu zählen ein europäisch vernetztes Wissenschaftssystem, KI-Kompetenzen, eine leistungsfähige KI-Infrastruktur und Wagniskapital.

KI-Forschung im Wissenschaftssystem breit aufgestellt

An vielen deutschen Hochschulen und AUF wird KI-Forschung betrieben. Die KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme listet 153 Hochschuleinrichtungen und 82 AUF, die zu KI-Themen forschen.⁴⁷²

Die Bundesregierung fördert das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) sowie fünf an Hochschulen angesiedelte KI-Kompetenzzentren, nämlich das Berlin Institute for the Foundations of Learning and Data (BIFOLD), das Munich Center for Machine Learning (MCML), das LAMARR Institute for Machine Learning and Artificial Intelligence (ehemals Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr – ML2R), das Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelli-

Box B 4-13 Beispiele für deutsche bzw. europäische Initiativen im Bereich Open Source

Silicon Economy (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik)

Die Silicon Economy ist ein auf Open Source und KI basierendes digitales Ökosystem, das die automatisierte Verhandlung, Disposition und Kontrolle von Warenströmen ermöglicht und auf die Schaffung neuer digitaler Geschäftsmodelle abzielt. Es fördert die Integration und Vernetzung von Infrastrukturen inklusive sicherer Datenräume und Cloud-Infrastrukturen. Die Entwicklung von Automatisierungs- und Autonomisierungsdiensten für logistische Prozesse und komplette Lieferketten steht im Fokus.⁴⁷³

Sovereign Tech Fund

Der Sovereign Tech Fund widmet sich der nachhaltigen Stärkung des Open-Source-Ökosystems und konzentriert sich auf Sicherheit, Stabilität und technologische Vielfalt. Er fördert und investiert in offene, freie und vertrauenswürdige digitale Infrastrukturen, die als Grundpfeiler für sektorübergreifende Digitalisierung dienen, um dadurch die digitale Souveränität zu stärken und die Resilienz des Open-Source-Ökosystems zu erhöhen.⁴⁷⁴

OpenWebSearch.EU

Das von der EU geförderte Projekt OpenWebSearch.EU bringt 14 europäische Forschungs- und Rechenzentren zusammen, um eine offene Infrastruktur für die Web-Suche zu schaffen. Das Ziel ist es, durch die Förderung eines freien, menschenzentrierten Suchmaschinenmarkts die Dominanz großer Tech-Unternehmen im Web-Suchbereich zu reduzieren, um Europas digitale Souveränität und Innovationsfähigkeit zu stärken.⁴⁷⁵

OpenGPT-X

OpenGPT-X ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördertes europäisches FuE-Projekt. Es zielt darauf ab, ein KI-Sprachmodell zu entwickeln und bereitzustellen, das den spezifischen Bedürfnissen, Werten und Datenschutzerfordernissen in Europa gerecht wird. Die technische Grundlage für dieses Sprachmodell wird durch die europäische Gaia-X-Infrastruktur bereitgestellt. Die Gründungsmitglieder von OpenGPT-X setzen sich aus Unternehmen, Forschungsinstituten und Medienanstalten zusammen.⁴⁷⁶

gence (ScaDS.AI) und das Tübingen AI Center.⁴⁷⁷ Bei den an Hochschulen angesiedelten KI-Kompetenzzentren handelt es sich um Zusammenschlüsse von Hochschulen und AUF. Die KI-Kompetenzzentren sollen wissenschaftliche Durchbrüche ermöglichen, den Erkenntnis- und Technologietransfer beschleunigen sowie KI-Fachkräfte ausbilden. Sie bilden zusammen das Netzwerk der Deutschen Kompetenzzentren für Forschung zu Künstlicher Intelligenz.⁴⁷⁸

Als europäische Initiative für Forschungsexzellenz im Bereich des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz wurde im Jahr 2018 die European Laboratory for Learning and Intelligent Systems (ELLIS) Society initiiert. Mit dem Ziel, Spitzenforschung zu vernetzen und ein international wettbewerbsfähiges KI-Ökosystem zu schaffen, baut ELLIS ein Netzwerk von europäischen KI-Forschungsstandorten auf. Diese Standorte werden entweder über sogenannte ELLIS-Units an bestehenden KI-Forschungseinrichtungen angesiedelt oder als ELLIS-Institut neu gegründet.⁴⁷⁹

Eine weitere, im Jahr 2018 gestartete europäische Initiative ist die Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe (CLAIRE).⁴⁸⁰ Bei CLAIRE handelt es sich um ein Bündnis von Forschungslaboren für künstliche Intelligenz, die das Ziel haben, die europäische Exzellenz in KI-Forschung und Innovation zu stärken.⁴⁸¹

Nachfrage nach KI-Kompetenzen hoch

Bei der Entwicklung und Anwendung von KI-Technologien bedarf es qualifizierter Fachkräfte.

KI-Professorinnen und -Professoren sind wichtige Akteure im KI-Ökosystem, da sie KI-Forschung betreiben und zudem Fachkräfte mit KI-Fähigkeiten ausbilden. Im Rahmen der im Jahr 2018 aufgelegten KI-Strategie wurde angekündigt, mindestens 100 zusätzliche KI-Professuren zu schaffen. Laut Bundesregierung wurden durch verschiedene Maßnahmen des BMBF zur Unterstützung der Bundesländer seitdem 150 zusätzliche KI-Professuren ein-

gerichtet,⁴⁸² von denen 54 mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Ausland besetzt wurden.⁴⁸³

Das BMBF fördert derzeit 42 KI-Nachwuchsgruppen.⁴⁸⁴ Hinzu kommen Zuse Schools of Excellence in AI,⁴⁸⁵ die Internationalen Zukunftslabore Künstliche Intelligenz⁴⁸⁶ sowie die Förderrichtlinie KI-Nachwuchs@FH im Rahmen des Programms Forschung an Fachhochschulen.⁴⁸⁷

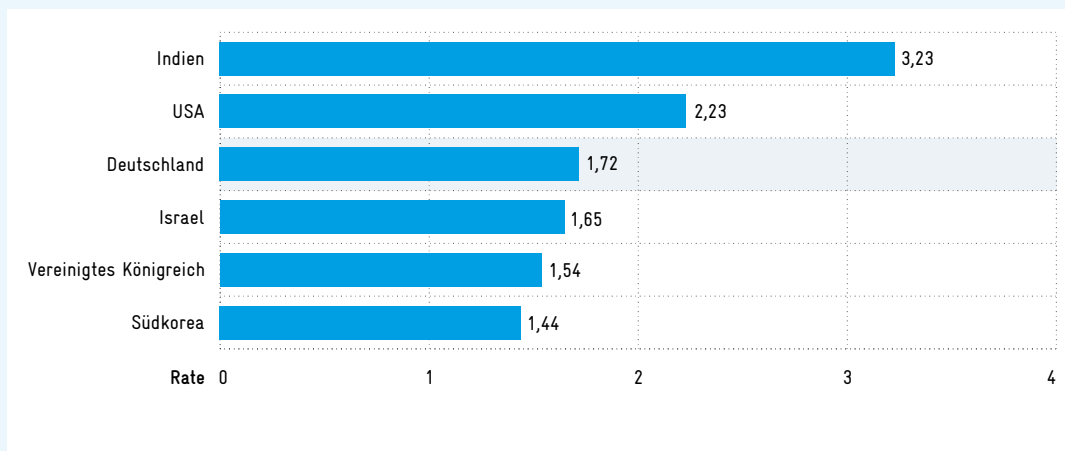
Die KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme listet 41 ausgewiesene KI-Studiengänge auf, davon 14 Bachelor- und 27 Master-Studiengänge.⁴⁸⁸ Hinzu kommen 103 Informatikstudiengänge mit KI-Schwerpunkt und 21 weitere Studiengänge mit KI-Inhalten.

Um KI in der Breite in die Anwendung zu bringen, sind in vielen Berufen KI-Kompetenzen erforderlich. Die Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen ist ein von LinkedIn erstellter Indikator, der die Verbreitung KI-bezogener Kompetenzen in einem Beruf bemisst.⁴⁸⁹ Die relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen gibt an, wie verbreitet KI-Kompetenzen in den verschiedenen Berufen in einem Land im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt sind.⁴⁹⁰

Im Zeitraum 2015 bis 2022 lag die relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen in Deutschland bei 1,72 (vgl. Abbildung B 4-14). Das heißt, die durchschnittliche Durchdringung mit KI-Kompetenzen in Deutschland war 1,72-mal so hoch wie die im globalen Durchschnitt. Damit lag Deutschland auf Rang 3 der Vergleichsländer.⁴⁹¹ Nur in Indien und den USA war die relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen mit 3,23 und 2,23 höher. Gleichwohl nehmen zahlreiche Unternehmen ein fehlendes Fachkräfteangebot als Hindernis für den Einsatz von KI wahr. Die im Auftrag der Expertenkommission durchgeführte Befragung zeigt, dass dies auf 50 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und auf 59 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe zutrifft (vgl. Abbildung B 4-11).

Eine Analyse von Online-Stellenanzeigen in Deutschland zeigt,⁴⁹² dass die Zahl offener Stellen im Bereich KI von 2019 bis 2022 stetig angestiegen ist, von 11.056 im ersten Quartal 2019 auf 19.546 im ersten Quartal 2022. Im ersten Quartal 2023 lag die Zahl der offenen Stellen mit 16.387 etwas niedriger als im Vorjahr, wobei dieser leichte Rückgang dem Gesamttrend offener Stellen folgte.⁴⁹³ Den größten Anteil der offenen KI-Stellen machten dabei mit 72 Prozent Stellenausschreibungen im Einsatzbereich von Business Intelligence und Big Data aus. Danach folgten mit deutlichem Abstand die

Abb. B 4-14 Relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen für ausgewählte Länder 2015–2022



[Download der Abbildung und Daten](#)

Die Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen misst die Verbreitung verschiedener KI-bezogener Kompetenzen in verschiedenen Berufen. Die relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen gibt für ein bestimmtes Land die Summe der Durchdringungsraten der einzelnen KI-Kompetenzen über die verschiedenen Berufe als Anteil am globalen Durchschnitt in jeweils demselben Beruf an. Lesebeispiel: Im Zeitraum 2015 bis 2022 war die durchschnittliche Durchdringung mit KI-Kompetenzen in Südkorea 1,44-mal so hoch wie im globalen Durchschnitt.
Quelle: Maslej et al. (2023: 182) basierend auf Daten von LinkedIn.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Einsatzbereiche Beratung (20 Prozent), Forschung und Wissenschaft (13 Prozent), Robotik (12 Prozent), Fahrassistenz (11 Prozent), Bildverarbeitung (7 Prozent) und Sprachverarbeitung (6 Prozent).

Daten sowie Rechenkapazitäten limitierend

Für die Entwicklung sowohl von Grundlagenmodellen als auch von KI-Anwendungen sind Rechenkapazitäten und Daten erforderlich.

KI-Anwendungen sind mit speziellen Anforderungen an die Hardware verbunden. Für ihre Berechnung sind vor allem Grafikprozessoren (Graphic Processing Units – GPUs) geeignet.⁴⁹⁴ Die Verfügbarkeit von Rechenkapazität für das Trainieren von KI-Grundlagenmodellen ist derzeit ein limitierender Faktor. Forschende und Unternehmen, die Zugang zu leistungsfähiger Recheninfrastruktur haben, sind hier im Vorteil.⁴⁹⁵ So nutzt z. B. OpenAI für seine Berechnungen die Cloud-Infrastruktur von Microsoft und hat sein Grundlagenmodell exklusiv an Microsoft lizenziert.⁴⁹⁶

Das BMBF formuliert in seinem Aktionsplan Künstliche Intelligenz die Ziele, eine international wettbewerbsfähigere Höchstleistungsrecheninfrastruktur bereitzustellen, die KI-Nutzerzahlen auf den deutschen und europäischen HPC-Systemen deutlich zu steigern und gezielt die Erforschung und Entwicklung eines signifikanten Anteils an großen KI-Modellen in Deutschland und Europa zu ermöglichen.⁴⁹⁷ Der Ausbau von Recheninfrastruktur ist Voraussetzung für die weitere Forschung und Anwendung im Bereich KI.

Für das Trainieren großer Sprachmodelle oder multimodaler Modelle werden große Mengen an Trainingsdaten benötigt – etwa Inhalte aus dem Internet oder aus Büchern.⁴⁹⁸ Für spezialisierte Grundlagenmodelle – etwa im medizinischen Bereich – sind spezialisierte Daten erforderlich. Um vortrainierte Grundlagenmodelle an bestimmte Anwendungen anzupassen, werden ebenfalls Daten benötigt. Dies können die Daten einer Organisation sein, die eine KI-Anwendung für sich selbst entwickelt oder anpasst. Es können aber auch Daten sein, anhand derer beispielsweise Start-ups oder KMU Anwendungen entwickeln, um sie anschließend zu vertreiben.

Im internationalen Vergleich können sich für deutsche und europäische Akteure hinsichtlich der Ent-

wicklung von KI-Modellen oder -Anwendungen Wettbewerbsnachteile ergeben, wenn vorhandene Daten nicht zur Verfügung stehen oder die Datennutzung restriktiver als in anderen Ländern gehandhabt wird, z. B. beim Datenschutz oder beim Urheberrecht. Dadurch kann die technologische Souveränität geschwächt werden. Im Hinblick auf den Schutz europäischer Werte ist eine restriktive Handhabung der Datennutzung zweischneidig. Einerseits hilft sie, die Rechte der Dateninhaberinnen und Dateninhaber zu schützen. Andererseits kann sie dazu führen, dass in Deutschland und Europa KI-Modelle außereuropäischer Wettbewerber zum Einsatz kommen, die nicht im Einklang mit europäischen Werten entwickelt wurden.

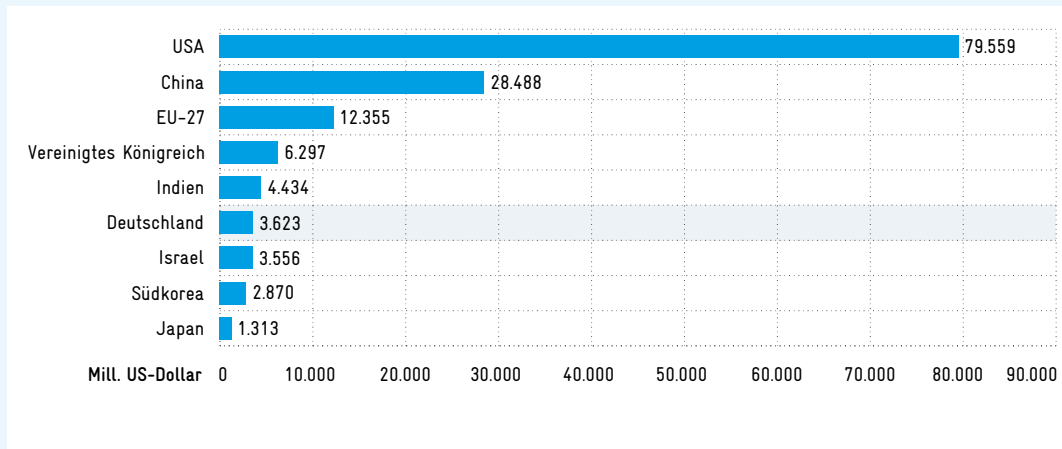
Die Expertenkommission hat bereits mehrfach darauf hingewiesen, dass Daten in Deutschland besser verfügbar gemacht werden müssen. Die Bundesregierung und der Gesetzgeber haben bereits Maßnahmen – wie die Einrichtung eines Dateninstituts und die Verabschiedung eines Gesundheitsdatennutzungsgesetzes – auf den Weg gebracht, um die Situation zu verbessern.⁴⁹⁹ Auch Gaia-X, Catena-X und Manufacturing-X könnten einen Beitrag für den Auf- und Ausbau eines KI-Ökosystems leisten.⁵⁰⁰ In seinem Aktionsplan Künstliche Intelligenz kündigt das BMBF an, die Datenverfügbarkeit in der Wissenschaft mit der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), der European Open Science Cloud (EOSC) sowie weiteren Fördermaßnahmen u. a. im Gesundheitsbereich weiter auszubauen und mit einem Forschungsdatengesetz die Auffindbarkeit, den Zugang und die Verknüpfbarkeit von Daten zu verbessern.⁵⁰¹ Im Juni 2023 ist das Europäische Daten-Governance-Gesetz in Kraft getreten⁵⁰², auf dessen Basis Datentreuhändermodelle entwickelt werden können.

KI-Wagniskapitalinvestitionen gering

Häufig sind es KI-Start-ups, die neue Ideen und Geschäftsmodelle entwickeln. Für sie ist Wagniskapital eine wichtige Finanzierungsquelle, um die Technologieentwicklung und das Wachstum voranzutreiben.

Im Zeitraum 2021 bis 2023 wurden in US-amerikanische KI-Start-ups pro Jahr durchschnittlich 79,6 Milliarden US-Dollar an Wagniskapital investiert (vgl. Abbildung B 4-15). Dies übertrifft bei Weitem die Wagniskapitalinvestitionen in KI, die im selben Zeitraum in China (28,5 Milliarden US-Dol-

Abb. B 4-15 Durchschnittliche jährliche Wagniskapitalinvestitionen in KI für ausgewählte Länder 2021–2023 in Millionen US-Dollar



[Download der
Abbildung
und Daten](#)

Die in den Mittelwert 2021–2023 eingeflossenen Daten von 2023 stellen eine Schätzung dar.
Lesebeispiel: In den USA wurde im Zeitraum 2021 bis 2023 im Jahresdurchschnitt Wagniskapital in Höhe von rund 79,6 Milliarden US-Dollar in KI investiert.
Quelle: OECD.AI (Abruf am 27.11.2023) basierend auf Daten von Preqin. Eigene Berechnungen.
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

lar) oder den EU-27 (12,4 Milliarden US-Dollar) getätigt wurden. 29 Prozent der in den EU-27 getätigten Wagniskapitalinvestitionen entfielen auf Deutschland (3,6 Milliarden US-Dollar).

Laut ZEW nahm die Anzahl der wirtschaftsaktiven KI-Start-ups in Deutschland innerhalb von 14 Jahren deutlich zu – von rund 1.200 im Jahr 2007 auf ca. 3.000 im Jahr 2021.⁵⁰³ Für 2022 und 2023 zeigt sich eine leichte Abnahme.⁵⁰⁴ Bei der KI-Start-up-Befragung 2023 des ZEW gaben 32 Prozent an, über Wagniskapital zu verfügen.⁵⁰⁵ Die Initiative appliedAI schätzt auf Basis einer engeren Definition von KI-Start-ups, die auf Daten, Talent, KI-Methoden, Skalierbarkeit und Gesamtqualität beruht, dass das KI-Ökosystem in Deutschland im Jahr 2023 etwa 500 relevante KI-Start-ups umfasste.

B 4-7 KI-Politik und Regulierung

Ressortübergreifende Koordination zu generativer KI ausbaufähig

Mit einer Reihe von Strategien zielt die Bundesregierung darauf ab, das KI-Ökosystem in Deutschland zu stärken (vgl. Box A 2-16). Die KI-Strategie der Bundesregierung wurde bereits im Jahr 2018 verabschiedet. Generative KI stand darin und in der nachfolgenden Fortschreibung noch nicht im Fokus. Der 2023 veröffentlichte KI-Aktionsplan

berücksichtigt nun aktuelle Entwicklungen wie die generative KI und benennt zentrale Handlungsfelder. Jedoch bezieht er sich ausschließlich auf den Zuständigkeitsbereich des BMBF und kann damit dem breiten Anwendungsbereich der Schlüsseltechnologie KI nicht gerecht werden. Eine ressortübergreifende Fortschreibung oder Neukonzeption der KI-Strategie hat die Bundesregierung bisher nicht vorgenommen.

AI Act der EU als weltweit erstes KI-Gesetz geplant

Die EU strebt an, das weltweit erste KI-Gesetz zu erlassen – den sogenannten Artificial Intelligence Act (AI Act). Im Dezember 2023 haben der Europäische Rat und das EU-Parlament eine provisorische Einigung zur Regulierung von KI erzielt. Diese muss noch formal beschlossen werden, bevor der AI Act in Kraft treten kann. Der AI Act soll mit Ausnahme einiger spezifischer Bestimmungen zwei Jahre nach seinem Inkrafttreten Gültigkeit erlangen. Verbote kommen bereits nach sechs Monaten und die Regelungen zur universell einsetzbaren KI nach zwölf Monaten zur Anwendung.

Bei Redaktionsschluss des Jahresgutachtens lag der Expertenkommission der Wortlaut der Vereinbarung zum AI Act nicht vor, sondern lediglich

Box B 4-16 Strategien der Bundesregierung mit KI-Bezug

KI-Strategie

Im November 2018 verabschiedete das damalige Bundeskabinett die „Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung“ (KI-Strategie).⁵⁰⁶ Ein Jahr später veröffentlichte die Bundesregierung den „Zwischenbericht: Ein Jahr KI-Strategie“, in dem in Umsetzung befindliche und geplante Maßnahmen genannt wurden.⁵⁰⁷ Im Dezember 2020 beschloss das Bundeskabinett die Fortschreibung der KI-Strategie.⁵⁰⁸ Auf der Webseite www.ki-strategie-deutschland.de werden die mit der KI-Strategie verbundenen Maßnahmen der Bundesregierung dargestellt. Im Rahmen der KI-Strategie sind eine Weiterentwicklung der KI-Kompetenzzentren sowie die Schaffung neuer KI-Professuren erfolgt. Auch der Aufbau einer Dateninfrastruktur sowie die Unterstützung des Wissens- und Technologietransfers gehören zu den zentralen Vorhaben der KI-Strategie.

KI-Aktionsplan des BMBF

Das BMBF hat im November 2023 einen eigenen KI-Aktionsplan veröffentlicht, in dem es angekündigt hat, sein Engagement im Rahmen der KI-Strategie mit dem Ziel zu intensivieren, neue Impulse für das deutsche KI-Ökosystem und dessen Schnittstellen zu Wirtschaft, Bildung, Wissenschaft und Forschung zu setzen.⁵⁰⁹ Der KI-Aktionsplan benennt elf Handlungsfelder in

den Bereichen Infrastruktur, Anwendung und Transfer sowie Erfolgsbedingungen und hinterlegt sie mit Zielen und Maßnahmen.⁵¹⁰

Zukunftsstrategie Forschung und Innovation

Die im Februar 2023 vom Bundeskabinett beschlossene Zukunftsstrategie Forschung und Innovation enthält eine Reihe von KI-Bezügen.⁵¹¹ So sollen Transformationsprozesse mit Hilfe von KI aktiv gestaltet und die technologische Souveränität soll gewahrt werden.

Digitalstrategie

In der im August 2022 vorgestellten und im April 2023 aktualisierten Digitalstrategie der Bundesregierung wird u.a. künstliche Intelligenz als strategisches Thema benannt, das prioritär bearbeitet werden soll. Es wurde angekündigt, die Kompetenzbildung im Bereich der KI zu unterstützen und den KI-Campus als Lernplattform für künstliche Intelligenz weiterzuentwickeln.⁵¹² Künstliche Intelligenz soll zudem für innovative Dienste im Bereich der Justiz und zur effizienteren Gestaltung umweltpolitischer Maßnahmen genutzt werden.

Datenstrategie

Im August 2023 hat die Bundesregierung eine neue Datenstrategie beschlossen. Diese zielt darauf ab, sowohl mehr als auch bessere Daten als bisher bereitzustellen, und nimmt dabei auch explizit Bezug auf die Bedeutung von (qualitativ hochwertigen) Daten für KI.⁵¹³

Informationen zum AI Act vom Europäischen Rat, dem Europäischen Parlament und der Europäischen Kommission.⁵¹⁴ Auf dieser Basis nimmt die Expertenkommission zum AI Act Stellung.

Die wesentlichen Elemente des geplanten AI Act lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Anwendungsbereich: Dem AI Act unterliegen öffentliche und private Akteure, die KI-Systeme entwickeln oder anwenden. Die im AI Act enthaltenen Verpflichtungen sollen nicht für Forschungs-, Entwicklungs- und Prototyping-Tätigkeiten gelten, die der Markteinführung vorausgehen. Vereinzelt soll es auch für Entwicklerinnen und Entwickler von Open-Source-Modellen geben.

- Risikokategorien: Die EU verfolgt einen risikobasierten Ansatz. Es wird zwischen KI-Systemen mit unannehmbarem Risiko, mit hohem Risiko und mit minimalem Risiko unterschieden. KI-Systeme mit unannehmbarem Risiko werden verboten. Dies sind KI-Systeme, die die Werte der EU verletzen, z. B. indem sie Social Scoring durch Behörden oder Unternehmen oder das Erkennen von Emotionen am Arbeitsplatz ermöglichen. Bei KI-Systemen, die mit einem hohen Risiko für Gesundheit, Sicherheit oder die Grundrechte verbunden sind, müssen eine Reihe von Anforderungen erfüllt werden. Dazu gehören die Abschätzung der Auswirkungen auf die Wahrung der Grundrechte, die Daten-Governance und die Transparenz. Zu Hochrisiko-Systemen zählt die EU beispiels-

weise KI-Systeme in der Strafverfolgung oder im Bereich des Betriebs und der Verwaltung kritischer Infrastrukturen. Nicht reguliert werden KI-Systeme, die mit minimalem Risiko verbunden sind, wie Videospiele oder Spam-Filter. Spezielle Transparenzanforderungen werden für KI-Systeme wie Chatbots eingeführt, damit Bürgerinnen und Bürger darauf aufmerksam gemacht werden, wenn sie mit einer künstlichen Intelligenz interagieren.

- Universell einsetzbare KI: Universell einsetzbare KI-Systeme (General Purpose AI Systems, GPAI-Systeme) und die Grundlagenmodelle, auf denen sie beruhen (GPAI-Modelle), müssen Transparenzanforderungen genügen, zu denen die Erstellung einer technischen Dokumentation, die Einhaltung des EU-Urheberrechts und die Verbreitung detaillierter Zusammenfassungen über Trainingsdaten gehören. Bei sehr leistungsfähigen GPAI-Modellen, von denen systemische Risiken ausgehen könnten, müssen zusätzliche Verpflichtungen etwa hinsichtlich des Risikomanagements, der Überwachung schwerwiegender Vorfälle oder der Durchführung von Modellevaluierungen übernommen werden.
- Governance: Die auf nationaler Ebene zuständigen Marktaufsichtsbehörden werden die Umsetzung der Vorschriften auf nationaler Ebene überwachen. Innerhalb der Europäischen Kommission wird eine neue Organisation geschaffen, die die Koordination auf europäischer Ebene übernehmen wird. Diese Organisation wird auch die Umsetzung und Durchsetzung der Regulierung von GPAI-Modellen überwachen. Hierbei wird sie von einem neu einzurichtenden Gremium unabhängiger Expertinnen und Experten beraten.
- Reallabore: Reallabore sollen als regulatorische Experimentierräume in einer kontrollierten Umgebung ermöglichen, innovative KI-Systeme zu entwickeln, zu testen und zu validieren sowie regulatorische Rahmenbedingungen so anzupassen, dass das Ausrollen innovativer KI-Systeme erleichtert wird.

Die Expertenkommission begrüßt, dass die EU im Dezember 2023 und damit noch vor Beginn des Europawahlkampfs eine vorläufige Einigung zum AI Act erzielt hat. Die EU stand vor der Herausforderung, die Sicherheit bei der Entwicklung und beim Einsatz von KI sowie die Wahrung des europäischen Wertesystems zu gewährleisten, gleichzeitig aber Innovationsanreize nicht zu sehr einzuschränken.

Den Anwendungsbereich des AI Act hinsichtlich der Open-Source-Entwicklung sowie der Forschungstätigkeiten einzuschränken, hält die Expertenkommission grundsätzlich für sinnvoll. Jedoch sollten Anpassungen dieser Ausnahmen möglich sein.

Die Expertenkommission befürwortet grundsätzlich den risikobasierten Ansatz, wonach KI-Systeme entsprechend ihrer Anwendung verschiedenen Risikoklassen zugeteilt werden.

Abweichend von dem ansonsten verfolgten risikobasierten Ansatz reguliert die EU universell einsetzbare KI-Systeme und -Modelle, zu denen große Sprachmodelle und multimodale Modelle gehören, nicht auf der Ebene der Anwendung, sondern auf der Ebene der Technologie. Damit verbunden sind u. a. Transparenzpflichten der Entwickler von KI-Grundlagenmodellen, die nun bei den weiteren Verhandlungen konkretisiert werden müssen. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich die Transparenzpflichten in Grenzen halten und insbesondere Start-ups und KMU im Vergleich zu größeren Unternehmen nicht benachteiligt werden.

Die Einordnung von Grundlagenmodellen als leistungsfähige GPAI-Modelle erfolgt entsprechend dem Entwurf des AI Acts ausschließlich auf Basis der für das Training genutzten Rechenkapazität. Sie ist als alleiniger Indikator für das potenzielle Risiko von Grundlagenmodellen jedoch nur begrenzt geeignet. Daher ist es wichtig, bei der Einordnung von Grundlagenmodellen, wie in der provisorischen Vereinbarung zum AI Act vorgesehen, weitere Kriterien zu berücksichtigen.

Bei der Einrichtung neuer Governance-Strukturen auf EU-Ebene besteht die Gefahr, dass schwerfällige und bürokratische Strukturen entstehen, die ein agiles Handeln und gegebenenfalls im Laufe der Zeit notwendig werdende Anpassungen behindern.

Zu begrüßen ist, dass der AI Act das Instrument der Reallabore vorsieht, da sie Innovationen erleichtern und gleichzeitig regulatorisches Lernen ermöglichen.

B 4-8 Handlungsempfehlungen

Bei der sich sehr dynamisch entwickelnden KI handelt es sich um eine Schlüsseltechnologie. Daher ist es für den Erhalt von Innovations- und Wachstumspotenzialen wichtig, dass Deutschland und Europa in diesem Bereich ihre technologische Souveränität stärken. Es gilt, den Anschluss an die technologische Entwicklung nicht zu verlieren und nicht noch stärker von nicht-europäischen Anbietern abhängig zu werden. Ziel sollte es sein, die Entwicklung eines leistungsfähigen KI-Ökosystems zu unterstützen. Da Deutschland und Europa kaum über große IT-Unternehmen verfügen, kommt den Impulsen aus dem Wissenschaftssystem, den Beiträgen von KMU und Start-ups sowie auch Open-Source-KI eine entscheidende Rolle zu.

Grundlagenforschung stärken

Der Bund sollte die KI-Grundlagenforschung weiterhin und mit Nachdruck unterstützen. Dies würde Deutschland die Möglichkeit eröffnen, sich bei neuen Technologievarianten oder -generationen erfolgreich im internationalen Innovationswettbewerb zu positionieren. Die Expertenkommission begrüßt, dass der Bund die KI-Kompetenzzentren dauerhaft fördert.

- Die KI-Kompetenzzentren sollten so ausgestattet werden, dass sie auf lange Sicht Spitzenforschung leisten können. Hierfür sind nicht nur finanzielle Mittel, sondern auch eine entsprechende Infrastruktur, insbesondere Rechenzentren und Daten, notwendig.
- Das im KI-Aktionsplan formulierte Ziel, die Erforschung effizienter und ressourcenschonender KI-Systeme voranzutreiben, sollte möglichst schnell mit entsprechenden konkreten Förderprogrammen angegangen werden. Deutschland und Europa sollten die Entwicklung von KI-Modellen vorantreiben, die an die gegebenen Standortbedingungen mit bislang schwach ausgeprägter Daten- und Recheninfrastruktur angepasst sind – wie Edge AI (vgl. Box B 4-1), Federated Learning (vgl.

Box B 4-1) und KI-Anwendungen auf verschlüsselten Daten.

Bereitstellung von Rechenkapazitäten unterstützen

In Deutschland mangelt es an Rechenkapazitäten, die die Voraussetzung für das Trainieren und die Anwendung von KI-Modellen sind.

- Um die sichere Entwicklung von Grundlagenmodellen der nächsten Generation unter kontrollierten und transparenten Bedingungen und im Einklang mit europäischen Werten zu beschleunigen und die Realisierung von Open-Source-Grundlagenmodellen in großem Maßstab zu ermöglichen, müssen leistungsfähige Rechenkapazitäten geschaffen werden.
- Die im KI-Aktionsplan des BMBF⁵¹⁵ angekündigte Inbetriebnahme von Höchstleistungsrechnern der Exascale-Klasse ist zügig voranzutreiben. Dabei ist KMU und Start-ups der Zugang zu gewährleisten und mit der Nutzung verbundene Dienstleistungen sind bereitzustellen.

Datengrundlagen für KI-Anwendungen verbessern

Da für die Entwicklung von KI-Anwendungen umfangreiche Datensätze unerlässlich sind, ist es essenziell, eine leistungs- und wettbewerbsfähige Dateninfrastruktur aufzubauen, die von der Wissenschaft, von der Wirtschaft, insbesondere auch von KMU und Start-ups, genutzt werden kann.

- Die Bundesregierung sowie Länder und Kommunen sollten die Bereitstellung ihrer eigenen Daten forcieren.
- Die Bundesregierung sollte ein Set eigener Daten zur Verfügung stellen und eine Ausschreibung auf den Weg bringen, um – z. B. im Rahmen von „Challenges“ – verschiedene Teams zu fördern, die auf Basis dieser Daten KI-Modelle und -Anwendungen entwickeln und testen.
- Die Bundesregierung sollte die von ihr beispielsweise im KI-Aktionsplan und in der Datenstrategie angestoßenen Maßnahmen zur Verbesserung der Dateninfrastruktur energisch vorantreiben.

- Die Bundesregierung und Akteure wie Gaia-X, Catena-X und Manufacturing-X sollten auf Basis des Europäischen Daten-Governance-Gesetzes zügig Datentreuhändermodelle entwickeln.

KI-Kompetenzen ausbauen

Die Expertenkommission betont, dass ein KI-Ökosystem auf gut qualifizierte Fachkräfte angewiesen ist, die KI-Forschung betreiben, KI-Technologien entwickeln und KI-Anwendungen sicher einsetzen.

- Zu einer zeitgemäßen Gestaltung des Bildungssystems gehört es zunehmend auch, Kenntnisse bei der Anwendung von KI zu vermitteln. Die Bundesregierung sollte darauf hinwirken, dass entsprechende Angebote in der schulischen, akademischen und beruflichen Bildung bereitgestellt werden.
- Da in den etablierten Unternehmen hinsichtlich des Einsatzes von KI offenbar Bedenken und Unsicherheiten bestehen, sollen sie durch Beratungen und Use Cases z. B. über die Kompetenzzentren Mittelstand unterstützt werden.

Open-Source-KI fördern

Open Source birgt ein hohes Potenzial, um die technologische Souveränität Deutschlands und Europas zu stärken. Zudem wird Open Source eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von KI-Grundlagenmodellen, die Transparenz gewährleisten und im Einklang mit europäischen Werten stehen, zugeschrieben. Allerdings bedarf es weiterer Initiativen, um die Verbreitung von Open Source zu fördern und das Potenzial von Open-Source-KI zu nutzen.

- Initiativen, die die Open-Source-Entwicklergemeinschaft stärken und dabei auf die technologische Souveränität Deutschlands und Europas abzielen, wie beispielsweise der durch das BMWK geförderte Sovereign Tech Fund, sind zu unterstützen.
- Die Bundesregierung sollte Programme für die Verbesserung der Sicherheitsarchitektur von Open-Source-Modellen über kompetitive Ausschreibungsverfahren auflegen.

- Um die Entwicklung der Open-Source-KI und ihren Beitrag zum KI-Ökosystem besser verstehen zu können, sollten Forschungsprojekte aufgesetzt werden.

- Die durchgeführten Maßnahmen zur Unterstützung der Open-Source-KI sollten begleitend evaluiert werden, um zeitnah Fördermaßnahmen anzupassen.

Regulatorisches Lernen zulassen und Rechtssicherheit stärken

EU-Parlament und EU-Rat haben eine provisorische Einigung zum AI Act erzielt.

- Der AI Act sollte im Laufe der Zeit auf Basis der in der Regulierungspraxis gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen im Dialog mit Akteuren anderer Wirtschafts- und Wertebereiche angepasst werden. Ohne Raum für Anpassungsfähigkeit wird eine Regulierung der dynamischen Entwicklung dieser Technologie wohl nicht gerecht werden. Bei Bedarf sollte etwa die Zuordnung der Anwendungen zu den Risikoklassen angepasst werden.
- Bei der Governance ist darauf zu achten, dass der bürokratische Aufwand für die Akteure, die dem AI Act unterliegen, insbesondere für Start-ups und KMU, im Rahmen bleibt.
- Die im AI Act vorgesehenen Reallabore sollten als Instrument für regulatorisches Lernen möglichst zügig zum Einsatz kommen.
- Die Regelungen des AI Act sollten gut mit bestehenden Regulierungen wie z. B. dem Digital Markets Act, der DSGVO oder dem Data Act verzahnt werden, um eine konsistente Rechtsprechung zu ermöglichen. Zudem sind wettbewerbsrechtliche Regelungen auch im KI-Bereich konsequent anzuwenden.
- Da in Unternehmen KI-Innovationen durch Rechtsunsicherheit – vor allem im Bereich des Urheberrechts, der DSGVO und des AI Act – gehemmt werden, sollte die Bundesregierung einen praxistauglichen Leitfaden erstellen lassen, der den Umgang mit KI-relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen erleichtert.

C

VERZEICHNISSE



Inhalt

C 1	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen	139
C 2	Abkürzungsverzeichnis	142
C 3	Glossar	145
C 4	Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem	153
C 5	Literaturverzeichnis	154
C 6	Endnotenverzeichnis	162
C 7	F&I-Dashboard	185

C 1 Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen

Box A 2-1 _____ 42	Abb. B 1-8 _____ 59
Erläuterung kausalanalytischer Grundbegriffe	Anteile ausgewählter Länder und Regionen an transnationalen Patentanmeldungen weltweit nach Technologiebereichen in Prozent 2000–2020
Abb. A 2-2 _____ 43	Abb. B 1-9 _____ 60
Untersuchungsergebnisse zu Evaluationsstudien aus den Zuständigkeitsbereichen des BMBF und des BMWK	Darstellung der Modifikationen und Verfahren Grüner Gentechnik und ihrer derzeitigen Regulierung
Box B 1-1 _____ 51	Box B 1-10 _____ 62
Deutscher Agrarsektor	Fallbeispiele für Produkte aus der Grünen Gentechnik
Abb. B 1-2 _____ 53	Abb. B 1-11 _____ 64
Nutzung digitaler und smarterer Technologien 2023 in Prozent	Anzahl der CRISPR-Publikationen im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2022
Abb. B 1-3 _____ 54	Abb. B 1-12 _____ 65
Hemmnisse für den Einsatz digitaler und smarterer Technologien 2023 in Prozent	Kumulierte Anzahl der CRISPR-Publikationen im Bereich der Kulturpflanzen in Top-Journals für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2022
Abb. B 1-4 _____ 55	Abb. B 1-13 _____ 66
Potenziale digitaler und smarterer Technologien 2023 in Prozent	Anzahl der CRISPR-Patentfamilien im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2021
Abb. B 1-5 _____ 56	Abb. B 1-14 _____ 67
Maßnahmen zur Erleichterung des Einsatzes digitaler und smarterer Technologien 2023 in Prozent	Kumulierte Anzahl der größten CRISPR-Patentfamilien im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2021
Abb. B 1-6 _____ 57	Abb. B 2-1 _____ 77
Transnationale Patentanmeldungen von digitalen und smarten Agrartechnologien in ausgewählten Ländern und Regionen 2000–2020	Bilateraler Zu- und Wegzug von Autorinnen und Autoren (bezogen auf Deutschland) 2005–2020
Abb. B 1-7 _____ 58	
Transnationale Patentanmeldungen von digitalen und smarten Agrartechnologien weltweit nach Technologiebereichen 2000–2020	

Abb. B 2-2 _____	78	Box B 2-12 _____	89
Jährliche Wanderungssalden von zu- und abwandernden Autorinnen und Autoren 2008–2020		Rechtliche Anpassungen für internationale Mobilität zu Forschungs- und Entwicklungszwecken	
Abb. B 2-3 _____	79	Box B 2-13 _____	90
Durchschnittlicher Wert des Qualitätsindikators für Publikationen von Autorinnen und Autoren verschiedener Mobilitätstypen (bezogen auf Deutschland), differenziert nach Wissenschaftszweig 2005–2020		Ausgewählte Förderprogramme im Wissenschaftssystem	
Abb. B 2-4 _____	80	Abb. B 2-14 _____	91
Durchschnittlicher Wert des Qualitätsindikators der Publikationen von Autorinnen und Autoren verschiedener Mobilitätstypen (bezogen auf Deutschland) 2006–2020		Anzahl wegziehender und zuziehender Autorinnen und Autoren sowie der Mobilitätssaldo im Vergleich zwischen 1996–2011 und 2005–2020	
Abb. B 2-5 _____	80	Box B 3-1 _____	97
Durchschnittlicher Wert des Qualitätsindikators der Publikationen von Autorinnen und Autoren nach Kooperationstyp (bezogen auf Deutschland) 2006–2020		Beispiele für soziale Innovationen	
Abb. B 2-6 _____	81	Box B 3-2 _____	98
Top-10-Partnerländer Deutschlands bei wissenschaftlichen Ko-Autorenschaften 2005–2020		Externe Effekte, öffentliche Güter und Trittbrettfahrerverhalten	
Abb. B 2-7 _____	83	Abb. B 3-3 _____	102
Anteil mobiler Erfinderinnen und Erfinder, differenziert nach Ländern 2000–2020		Kreise nach Anteil von sozialinnovativen Unternehmen an allen Unternehmen in Prozent	
Abb. B 2-8 _____	84	Abb. B 3-4 _____	103
Jährliche Wanderungssalden von zu- und abwandernden Erfinderinnen und Erfindern 2000–2020		Motive und Auslöser sozialer Innovationen in Prozent	
Abb. B 2-9 _____	85	Abb. B 3-5 _____	104
Bilaterale Zu- und Abwanderung von Erfinderinnen und Erfindern (bezogen auf Deutschland) 2000–2020		Nachhaltigkeitsziele (SDGs) von Sozialunternehmen in Prozent	
Abb. B 2-10 _____	86	Abb. B 3-6 _____	105
Rückkehrverhältnis abwandernder und Bleibeverhältnis zuwandernder Erfinderinnen und Erfinder, differenziert nach Ländern 2000–2020		Unternehmen mit sozialen Innovationen seit 2020 in Prozent	
Abb. B 2-11 _____	87	Abb. B 3-7 _____	106
Anzahl und Qualität der Patente von Erfinderinnen und Erfindern verschiedener Mobilitätstypen, differenziert nach Ländern 2000–2020		Hemmnisse sozialer Innovationen in Prozent	
		Abb. B 3-8 _____	107
		Generalisierung sozialer Innovationen in Prozent	
		Abb. B 3-9 _____	108
		Von Sozialunternehmen wahrgenommene Hemmnisse in Prozent	
		Box B 3-10 _____	110
		Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen	

Box B 4-1 _____	117	Abb. B 4-9 _____	123
Begriffe zu künstlicher Intelligenz		Transnationale Patentanmeldungen im Bereich generativer KI nach anmeldenden Organisationen und deren Hauptsitz 2010–2020	
Abb. B 4-2 _____	118	Abb. B 4-10 _____	124
Wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI weltweit 2010–2022 als Indexwerte		KI-Einsatz in Unternehmen in Deutschland nach Unternehmensgröße 2023 in Prozent	
Abb. B 4-3 _____	119	Abb. B 4-11 _____	125
Transnationale Patentanmeldungen im Bereich KI weltweit 2010–2020 als Indexwerte		Hindernisse für KI-Einsatz in Unternehmen in Deutschland 2023 in Prozent	
Abb. B 4-4 _____	120	Abb. B 4-12 _____	126
Anteile ausgewählter Länder an wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI 2010–2022 in Prozent		Einschätzung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich KI 2023 in Prozent	
Abb. B 4-5 _____	120	Box B 4-13 _____	129
Anteile ausgewählter Länder an wissenschaftlichen Publikationen im Bereich generativer KI 2017–2022 in Prozent		Beispiele für deutsche bzw. europäische Initiativen im Bereich Open Source	
Abb. B 4-6 _____	121	Abb. B 4-14 _____	130
Anteile ausgewählter Länder an transnationalen Patentanmeldungen im Bereich KI 2010–2020 in Prozent		Relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen für ausgewählte Länder 2015–2022	
Abb. B 4-7 _____	122	Abb. B 4-15 _____	132
Anteile ausgewählter Länder an transnationalen Patentanmeldungen im Bereich generativer KI 2017–2020 in Prozent		Durchschnittliche jährliche Wagniskapitalinvestitionen in KI für ausgewählte Länder 2021–2023 in Millionen US-Dollar	
Abb. B 4-8 _____	122	Box B 4-16 _____	133
Transnationale Patentanmeldungen im Bereich KI nach anmeldenden Organisationen und deren Hauptsitz 2010–2020		Strategien der Bundesregierung mit KI-Bezug	

C 2 Abkürzungsverzeichnis

5G	5. Generation des Mobilfunks
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AGVO	Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung
AHCI	Advanced Host Controller Interface
AI	Artificial Intelligence
ARWU	Academic Ranking of World Universities
ASJC	All Science Journal Classifications
AUF	außeruniversitäre Forschungseinrichtungen
BAND	Business Angels Netzwerk Deutschland e. V.
BEPA	Bureau for Economic Policy Analysis
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BIFOLD	Berlin Institute for the Foundations of Learning and Data
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMI	Bundesministerium des Innern und für Heimat
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
CLAIRE	Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CPC	Cooperative Patent Classification
CPCI	Conference Proceedings Citation Index
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
DAAD	Deutscher Akademischer Austauschdienst
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DATI	Deutsche Agentur für Transfer und Innovation
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
DIHK	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DSEM	Deutscher Social Entrepreneurship Monitor
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung

DSS	Decision Support Systems
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation
EFSA	European Food Security Agency
ELLIS	European Laboratory for Learning and Intelligent Systems
EOSC	European Open Science Cloud
EPA	Europäisches Patentamt
ESEM	European Social Enterprise Monitor
EU	Europäische Union
EU-27	27 Mitgliedstaaten der Europäischen Union
EU-ETS	European Union Emissions Trading System
EUIPO	European Union Intellectual Property Office
EuroHPC	European High Performance Computing
F&I	Forschung und Innovation
FAO	Food and Agriculture Organization
FH	Fachhochschule
FMIS	Farmmanagement- und Informationssysteme
FRAND	Fair, Reasonable And Non-Discriminatory
FuE	Forschung und Entwicklung
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GDNG	Gesundheitsdatennutzungsgesetz
GPAI	General Purpose Artificial Intelligence
GPS	Global Positioning System
GPT	Generative Pretrained Transformer
GPU	Graphic Processing Unit
GVO	Genetisch veränderte Organismen
HAI	Human-Centered Artificial Intelligence
HAW	Hochschule für angewandte Wissenschaften
HPC	High Performance Computing
IAIS	(Fraunhofer-)Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme
IBM	International Business Machines Corporation
ICT	Intra-Corporate Transfer
ID	Identifikationsnummer
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEKE	Internationale Expertenkommission zur Evaluation der Exzellenzinitiative
IIS	(Fraunhofer-)Institut für integrierte Schaltungen
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik/-technologie
IndiSI	Indikatorik Sozialer Innovationen
InnoProb	Innovation Probability
IoT	Internet of Things
IP	Intellectual Property
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISI	(Fraunhofer-)Institut für System- und Innovationsforschung
IT	Informationstechnik, Informationstechnologie
KB	Kompetenznetzwerk Bibliometrie
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen

KPRES	Krajowy Program Rozwoju Ekonomii Społecznej
KTF	Klima- und Transformationsfonds
LLM	Large Language Models
MCML	Munich Center for Machine Learning
MIP	Mannheimer Innovationspanel
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ML	Maschinelles Lernen
ML2R	Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr
MLP-SI	Multi-Level Perspective on Social Innovation
NFDI	Nationale Forschungsdateninfrastruktur
NGT	New Genomic Techniques
NSB	National Science Foundation
NZT	Neue Züchtungstechniken
ODM	Oligonucleotide-directed Mutagenesis
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OZG	Onlinezugangsgesetz
PATSTAT	Patent Statistical Database
PCT	Patent Cooperation Treaty
PISA	Programme for International Student Assessment
PLS	Plattform Lernende Systeme
RCT	Randomized Controlled Trial
ScaDS.AI	Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence
SCIE	Science Citation Index Expanded
SDG	Sustainable Development Goal
SDN	Standort Directed Nuclease
SEND	Social Entrepreneurship Netzwerk Deutschland e. V.
SEP	Standardessenzielles Patent
SI	Social Innovation
SPRIND	Agentur für Sprunginnovationen
SSCI	Social Sciences Citation Index
TI-Räume	Transferräume für die Zukunft von Regionen
TALEN	Transcription Activator-like Effector Nuclease
TU9	Zusammenschluss neun führender Technischer Universitäten in Deutschland
U15	Zusammenschluss von fünfzehn großen forschungsstarken und medizinführenden Universitäten in Deutschland
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFPA	United Nations Fund for Population Activities
US	United States
USA	United States of America
WDR	Westdeutscher Rundfunk
WIPO	World Intellectual Property Organization
WIR!	Wandel durch Innovation in der Region
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
ZEW	Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim
ZFN	Zinkfinger-Nuklease
ZIM	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

C3 Glossar

Agenda 2030

Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung wurde im September 2015 auf dem Nachhaltigkeitsgipfel der Vereinten Nationen verabschiedet. Sie enthält einen Katalog mit 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs).

Agrobiodiversität

Agrobiodiversität umfasst die biologische Vielfalt, die in der Landwirtschaft, dem Agrarökosystem und der Ernährung relevant ist. Dazu zählen u. a. Kulturpflanzen, Zuchttiere und ihre verwandten Wildarten (vgl. Biodiversität).

Beihilfe

Als Beihilfen werden in der EU Finanzmittel eines Mitgliedstaates bezeichnet, die auf ein Unternehmen übertragen werden und den Wettbewerb verfälschen können. Beihilfen umfassen u. a. direkte finanzielle Zuwendungen, Steuervergünstigungen, Schuldenerlasse und Bürgschaften.

Beleihung

Der Staat arbeitet bei der Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben oft mit privaten Organisationen zusammen. Diese Zusammenarbeit kann in verschiedenen Formen sowie mit oder ohne Übertragung von Hoheitsrechten stattfinden. Eine Zusammenarbeit, bei der Hoheitsrechte übertragen werden, ist eine Beleihung.

Bibliometrie

Bibliometrie ist die Lehre der quantitativen Untersuchungen zwecks Bewertung von Publikationen, von Autorinnen und Autoren sowie von Institutionen – zumeist mittels statistischer Verfahren. Sie ist ein Teilgebiet der Scientometrie, der quantitativen Untersuchung der Wissenschaft und wissenschaftlicher Vorgänge.

Biodiversität

Biodiversität oder biologische Vielfalt bezeichnet die Variation und Variabilität des Lebens. Dazu zählen drei Ebenen: genetische Vielfalt, Artenvielfalt und die Vielfalt von Ökosystemen.

Brain Circulation, Brain Drain, Brain Gain

Unter Brain Drain (Gain) versteht man aus der Perspektive einer Volkswirtschaft den Abfluss (Zufluss) von Humankapital – in der Regel verursacht durch physische Wanderungsbewegungen von Personengruppen. Als Brain Circulation können die zirkulären Wanderungsbewegungen von Personengruppen bezeichnet werden, die den Standort ihrer produktiven Tätigkeit mehrmals zwischen Volkswirtschaften wechseln.

Bruttoinlandsprodukt

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

CRISPR

Das CRISPR-System (kurz für den englischen Begriff: Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) ist ein Verfahren der Genomeditorierung, mit dem die Gensequenz eines Organismus gezielt geschnitten werden kann, um sie an dieser Stelle zu verändern.

Crowd Economy

Die Crowd Economy bezieht sich auf neue Formen der Wirtschaft, die durch die Interaktion von Menschen über das Internet entstehen. Sie umfasst verschiedene Konzepte wie Crowdsourcing, Crowdfunding oder Shared Economy.

Deutscher Social Entrepreneurship Monitor

Der Deutsche Social Entrepreneurship Monitor (DSEM) ist eine seit 2018 regelmäßig durchgeführte Befragung zu Sozialunternehmen. Der DSEM wird vom Social Entrepreneurship Netzwerk Deutschland (SEND) veröffentlicht. Die Befragung ist nicht repräsentativ.

Doppelstrangbruch

Ein Doppelstrangbruch bezeichnet den Bruch einer DNA-Sequenz, bei dem beide Stränge gebrochen werden. Ein Doppelstrangbruch kann durch Strahlung, chemische Substanzen, mechanische Kräfte oder Nukleasen erzeugt werden.

Dual Use

Dual Use bzw. Dual-Use-Güter (Güter mit doppeltem Verwendungszweck) sind Waren, Software und Technologie, die üblicherweise für zivile Zwecke verwendet werden, darüber hinaus jedoch auch im militärischen Bereich verwendet werden können.

EU-27

Als EU-27 werden die 27 Mitgliedstaaten der Europäischen Union bezeichnet.

Europäischer Emissionshandel (EU-ETS)

Seit 2005 ist das europäische Emissionshandelsystem (EU-ETS) das zentrale Element der EU zum Klimaschutz. Ziel ist die Reduktion von Treibhausgas-Emissionen durch einen Handel mit CO₂-Zertifikaten. Ein CO₂-Zertifikat berechtigt zum Ausstoß von einer Tonne CO₂-Äquivalent. Die Zertifikate werden auf dem Markt frei gehandelt, sodass sich ein Preis ergibt, der Unternehmen einen Anreiz geben soll, Treibhausgas-Emissionen einzusparen. Bisher beteiligen sich die Energiewirtschaft, energieintensive Industrien, der Luftverkehr sowie seit 2024 der Seeverkehr am EU-ETS.

European Social Enterprise Monitor

Der European Social Enterprise Monitor (ESEM) ist der erste Monitor für Sozialunternehmen auf europäischer Ebene. Der ESEM ist eine regelmäßige Metastudie, die die Ergebnisse von europäischen Online-Umfragen beschreibt und Daten zu Sozialunternehmen und Start-ups vergleichend darstellt. Der Deutsche Social Entrepreneurship Monitor ist Teil des European Social Enterprise Monitor.

Experimentelle Verfahren

Randomisierte Experimente, oft auch als randomisierte kontrollierte Studien (Randomized Controlled Trials, RCTs) bezeichnet, werden in der Forschung verwendet, um die Wirksamkeit einer Intervention unter kontrollierten Umweltbedingungen zu testen. In geeigneter Weise konzipiert und durchgeführt, liefern randomisierte Experimente die stärkste Evidenz für kausale Effekte einer Intervention.

Experimentierklausel

Eine Experimentierklausel ist eine Rechtsnorm im Verwaltungsrecht, die es erlaubt, beim Testen von innovativen Ideen und Vorhaben von grundsätzlich geltenden Regelungen abzuweichen. Die Gültigkeit von Experimentierklauseln ist dabei zumeist befristet.

Externe Effekte

Ein externer Effekt liegt vor, wenn sich die Konsum- oder Produktionsentscheidung eines Wirtschafts-subjektes auf den Nutzen anderer Wirtschafts-subjekte auswirkt. Technologische Externalitäten liegen vor, wenn anderen Wirtschaftssubjekten ein Vor- oder Nachteil entsteht, ohne dass dieser dem Verursacher über das Preissystem zugutekommt oder angelastet wird.

Flächenleistung

Die Flächenleistung gibt an, wie viel Fläche eine Landmaschine pro Zeiteinheit bearbeiten kann.

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 (vgl. dort) 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.

Fraktionierte Zählweise

Von fraktionierter Zählweise wird gesprochen, wenn z. B. Patente oder Publikationen anteilig Autorinnen und Autoren, Erfinderinnen und Erfindern, Organisationen oder Ländern zugerechnet werden.

Frascati-Handbuch

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

Geistiges Eigentum

Geistiges Eigentum bezeichnet Rechte an immateriellen Gütern wie Ideen, Konzepten oder Erfindungen. Diese Güter sind rechtlich geschützt, wenn die Rechtsordnung z. B. durch Patente oder Urheberrechte entsprechende Rechte zuweist. Inhaberin bzw. Inhaber eines solchen Rechts ist z. B. die Anmelderin oder der Anmelder eines Patents oder die Schöpferin bzw. der Schöpfer eines urheberrechtlichen Werks.

Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)

Die GAP ist ein Politikbereich der EU, in dem auf europäischer Ebene agrarpolitische Maßnahmen beschlossen werden. Die GAP verfolgt dabei drei grundsätzliche Ziele: sichere und hochwertige Nahrungsmittel zur Verfügung zu stellen, angemessene Lebenshaltung für Landwirtinnen und Landwirte zu gewährleisten und zur Erhaltung natürlicher Ressourcen und dem Umweltschutz beizutragen. Über nationale Strategiepläne wird die GAP in den Mitgliedstaaten der EU umgesetzt.

Gemeinwohlorientierte Unternehmen

Gemeinwohlorientierte Unternehmen sind Unternehmen, die neben wirtschaftlichem Erfolg auch soziale und ökologische Ziele verfolgen. In der Nationalen Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen der Bundesregierung aus dem Jahr 2023 werden sie als Synonym für Sozialunternehmen verstanden.

Generative KI

Generative KI ist eine Form der KI, die dazu dient, Inhalte wie Texte oder Bilder, Video, Audio oder Computercodes selbst zu erzeugen oder zu bearbeiten. Dies kann unimodal erfolgen (z. B. Text zu Text) oder multimodal (z. B. Text zu Bild oder Bild zu Text).

Genkanone

In der Gentechnik werden Pflanzen mit Partikeln beschossen, an die Gensequenzen geheftet sind, um so diese Sequenzen in den beschossenen Organismus zu bringen.

Genomsequenzierung

Bei der Genomsequenzierung wird der Aufbau der gesamten Erbinformation bestimmt.

Governance

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

Green Deal

Der Green Deal der EU ist ein Paket politischer Initiativen mit dem Ziel, die EU bis 2050 klimaneutral zu machen. Er wurde 2019 initiiert und umfasst Initiativen wie die Farm-to-Fork-Strategie, die EU-Biodiversitätsstrategie, das europäische Klimaschutzgesetz und das Fit-for-55-Paket.

Großes Sprachmodell

Bei großen Sprachmodellen bzw. Large Language Models (LLM) handelt es sich um Modelle, die natürliche Sprache verarbeiten und generieren. Sie können beispielsweise Texte verfassen und übersetzen sowie Fragen beantworten. Große Sprachmodelle sind Ausprägungen von Grundlagenmodellen (vgl. dort).

Grundlagenmodell

Forschende der Stanford University prägten für KI-Modelle, die auf einer breiten Datenbasis trainiert wurden und Grundlage für die Entwicklung einer Vielzahl spezifischer Anwendungen sein können, den Begriff Foundation Model. Im deutschen Sprachraum werden solche Modelle auch als Grundlagenmodelle bezeichnet.

Grüne Gentechnik

Als Grüne Gentechnik wird die Verwendung gentechnischer Verfahren bei Pflanzen bezeichnet.

Herbizidtoleranz

Eine Herbizidtoleranz kann bei Pflanzen durch die Veränderung der Gensequenz erzeugt werden. Sie sorgt dafür, dass die veränderte Pflanze resistent ist gegen ein Herbizid, das somit keine Wirkung auf die Pflanze hat.

Humankapital

Unter Humankapital versteht man in der Volkswirtschaftslehre alle wirtschaftlich verwertbaren Fähigkeiten und Kenntnisse von Personengruppen.

Informationsasymmetrie

Informationsasymmetrien liegen vor, 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 Erfolgchancen von F&I-Projekten weniger verlässlich einschätzen als die F&I-aktiven Unternehmen.

Insektenresistenz

Eine Insektenresistenz kann bei Pflanzen durch die Veränderung der Gensequenz erzeugt werden. Die Insektenresistenz sorgt dafür, dass die Pflanzen resistent werden gegenüber bestimmten Insekten und somit nicht mehr durch sie geschädigt werden können.

Internet der Dinge

Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in Alltagsgegenständen hat die Verbindung von realer und virtueller Welt hergestellt. Diese Vernetzung von Geräten mit Menschen wird als das Internet der Dinge (englisch: Internet of Things, IoT) oder auch Internet der Dinge und Dienste bezeichnet. Beispiele sind eingebettete Computersysteme, die in Kleidungsstücken die Vitalfunktionen des Trägers oder der Trägerin überwachen, aufgedruckte Chipcodes, die die Paketverfolgung über das Internet erlauben, und Kühlschränke, die autonom die Nachbestellung von Nahrungsmitteln bei sinkendem Vorratsbestand regeln.

Interoperabilität

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

Kausalanalyse

Unter Kausalanalyse werden statistische Verfahren zur Ermittlung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen verschiedenen Größen verstanden. In der Politikanalyse wird die Kausalanalyse verwendet, um festzustellen, ob und in welchem Ausmaß eine bestimmte Intervention wie etwa eine Maßnahme der F&I-Politik (die unabhängige Größe) einen direkten Effekt auf das gewünschte Ergebnis (die abhängige Größe) hat.

KI-Ökosystem

Ein KI-Ökosystem umfasst eine Vielzahl von Komponenten. Dazu zählen ein europäisch vernetztes Wissenschaftssystem, KI-Kompetenzen, eine leistungsfähige KI-Infrastruktur und Wagniskapital.

Kompetenz

Unter Kompetenz lässt sich 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 Problemlösung variabel einsetzen zu können. Kompetenz ist immer auf ein spezifisches Anwendungsfeld bezogen. Daher wird oft eine Bezugsbezeichnung vorangestellt (z. B. KI-Kompetenz, soziale Kompetenz).

Kontrafaktischer Zustand

Der kontrafaktische Zustand bezeichnet die hypothetische Situation, in der sich eine von einer Intervention (dem sogenannten Treatment) betroffene Einheit (z. B. eine Person, eine Gruppe, eine Region) befände, wenn sie nicht der Intervention ausgesetzt gewesen wäre.

Kontrollgruppe

Vgl. Kausalanalyse.

Kulturpflanze

Kulturpflanzen werden zur Verwendung als Nutz- oder Zierpflanze gezüchtet und vom Menschen angebaut. Sie unterscheiden sich in ihren genetischen Merkmalen von ihren verwandten Wildpflanzen.

Künstliche Intelligenz (KI)

Mit dem Begriff künstliche Intelligenz werden Verfahren, Algorithmen und technologische Lösungen beschrieben, die es erlauben, bisher von Menschen ausgeführte komplexe Vorgänge auf lernende Maschinen und Software zu übertragen.

Landwirtschaft 4.0

Es existieren unterschiedliche Definitionen von Landwirtschaft 4.0. Der Begriff wird teilweise synonym zu Smart Farming verwendet, wird aber auch als landwirtschaftliches Äquivalent zu Industrie 4.0 gesehen. Landwirtschaft 4.0 ist dann umfassender als Smart Farming und beinhaltet die intelligente datenbasierte Vernetzung von Unternehmen entlang der gesamten landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette. Der KI-gestützte Austausch und die Auswertung von Daten auf Plattformen sind wesentliche Bestandteile der Landwirtschaft 4.0 und sollen schnellere und bessere Reaktionen auf veränderte Marktbedingungen ermöglichen.

Lizenzierung

Im Rahmen einer Lizenzierung überträgt ein Patentinhaber einem anderen Rechtssubjekt eine Verwertungserlaubnis. Im Gegenzug erhält der Patentinhaber Lizenzgebühren.

Mannheimer Innovationspanel

Das Mannheimer Innovationspanel (MIP) ist die seit 1993 jährlich durchgeführte Innovationserhebung des ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung. Das MIP umfasst aber über die an Eurostat zu meldenden Daten hinaus auch Daten zu Unternehmen mit fünf bis neun Beschäftigten.

Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen (ML) zielt darauf ab, mit Hilfe von Lernalgorithmen und Daten komplexe Modelle zu trainieren, die anschließend auf neue, potenziell unbekannte Daten derselben Art angewendet werden.

Matching-Verfahren

Matching-Verfahren sind statistische Techniken, bei denen für jede Beobachtungseinheit in der Treatment-Gruppe (vgl. dort) eine oder mehrere Einheiten in der Kontrollgruppe (vgl. dort) gefunden werden, die in Bezug auf bestimmte beobachtete Größen ähnlich sind. Matching-Verfahren können dazu beitragen, Verzerrungen zu reduzieren, die durch die nicht-zufällige Teilnahme an Maß-

nahmen entstehen. Im Rahmen von Kausalanalysen (vgl. dort) werden sie in Ergänzung zu quasi-experimentellen Verfahren (vgl. dort) eingesetzt. Ein alleiniges Matching löst nicht das Problem, dass die Maßnahmenteilnahme durch nicht-beobachtbare Größen beeinflusst sein kann.

Missionsorientierte F&I-Politik

Eine F&I-Politik gilt als missionsorientiert, wenn F&I-Aktivitäten gefördert werden, um politisch definierte Ziele zu erreichen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist das im Jahr 1961 gestartete Apollo-Programm der USA, das darauf abzielte, noch in den 1960er Jahren einen Menschen auf den Mond und wieder zurückzubringen. Während vor allem von den 1940er bis zu den 1960er Jahren technologieorientierte Missionen verfolgt wurden, fokussiert sich die F&I-Politik seit den 1990er Jahren stärker auf gesellschaftliche Problemfelder.

Multimodales Modell

Multimodale Modelle verarbeiten und generieren mehrere Modalitäten wie Sprache, Audio und Bild und sind Ausprägungen von Grundlagenmodellen (vgl. dort).

Mutation

Eine Mutation ist eine vererbare Veränderung der Gensequenz, die spontan auf natürliche Weise, gezielt durch Genomeditierung oder ungezielt durch externe Einflüsse wie Chemikalien oder Strahlung entstehen kann.

Nationale Strategie für Soziale Innovation und Gemeinwohlorientierte Unternehmen

Die Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen wurde am 13. September 2023 vom Bundeskabinett beschlossen. Diese Strategie hat das Ziel, soziale Innovationen und gemeinwohlorientierte Unternehmen zu fördern und ihre Bedeutung für die Gesellschaft hervorzuheben. Die Nationale Strategie umfasst insgesamt sieben Leitlinien und elf Handlungsfelder.

(Nicht-substituierbare) Komplementarität

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

Nullsummenspiel/Positivsummenspiel

Als Nullsummenspiel kann eine Situation bezeichnet werden, in der sich die Summe aller Verluste und die Summe aller Gewinne, die Beteiligte bei einem Wechsel von einem Zustand in einen anderen generieren, im Wert stets entsprechen. Bei einem Positivsummenspiel ist die Summe aller Gewinne größer als die Summe aller Verluste. Während es sich in politischen Kontexten bei Nullsummenspielen um reine Umverteilungsfragen handelt, sind Positivsummenspiele durch Effizienzsteigerungen gekennzeichnet.

Öffentliche Güter

Man spricht von einem öffentlichen Gut, wenn Nicht-Rivalität im Nutzen und Nicht-Ausschließbarkeit von der Nutzung vorliegen. Nicht-Rivalität bedeutet, dass die Nutzung durch eine Person den Nutzen anderer nicht einschränkt. Von Nicht-Ausschließbarkeit spricht man, wenn niemand von der Nutzung eines Gutes ausgeschlossen werden kann, sobald das Gut bereitgestellt wird.

Off-Target-Effekt

Von Off-Target-Effekten spricht man, wenn die DNA an Stellen im Genom zerschnitten wird, die der eigentlichen Zielsequenz ähnlich, aber selbst nicht Ziel der Intervention sind.

Ökonometrie

Die Ökonometrie ist eine zentrale empirische Disziplin der Wirtschaftswissenschaften. Sie bedient sich mathematisch-statistischer Methoden, um ökonomische Modelle auf Grundlage statistischer Daten zu überprüfen und Aussagen über ökonomische Zusammenhänge auf statistisch gesichertem Niveau zu machen.

One-Stop-Shop

Ein One-Stop-Shop in der Wirtschaft oder der öffentlichen Verwaltung bezeichnet die Möglichkeit, dass alle notwendigen bürokratischen Schritte zur Erreichung eines Zieles an einer einzigen Stelle erledigt werden können.

Oslo-Handbuch

Das Oslo-Handbuch der OECD enthält Vorgaben für die statistische Erfassung von Innovationsaktivitäten. Dabei geht dieses Handbuch über den FuE-Begriff des Frascati-Handbuchs (vgl. dort) hinaus und differenziert zwischen unterschiedlichen Formen von Innovationen. Das Oslo-Handbuch ist die

Grundlage der Community Innovation Surveys, die in Europa bisher viermal durchgeführt wurden. Die jüngste Überarbeitung des Oslo-Handbuchs stammt aus dem Jahr 2018.

Positivsummenspiel

Vgl. Nullsummenspiel/Positivsummenspiel.

Projektträger

Projektträger unterstützen als administrierende Stellen die Projektförderung der Ressorts. Dies geschieht etwa durch fachliche und administrative Beratung der Antragstellerinnen und Antragsteller, die Vorbereitung von Förderentscheidungen, die Verwaltung der Fördermittel und das Controlling.

Quasi-experimentelle Verfahren

Im Rahmen von Kausalanalysen (vgl. dort) durchgeführte quasi-experimentelle Verfahren basieren im Gegensatz zu experimentellen Verfahren (vgl. dort) nicht auf einer echten Randomisierung (vgl. dort). Stattdessen werden Konstellationen untersucht, in denen die Teilnahme an einer Intervention „quasi“ zufällig erfolgte und für die Beteiligten kaum zu beeinflussen war. So ergibt sich beispielsweise bei Interventionen, die auf einzelne Regionen begrenzt waren, die Möglichkeit der Teilnahme quasi-zufällig durch die Zugehörigkeit zur Region. Daher können vergleichbare Einheiten aus anderen Regionen als Kontrollgruppe eingesetzt werden. Unter bestimmten Bedingungen, die sich je nach Verfahren unterscheiden, können auf diese Weise kausale Effekte von Interventionen geschätzt werden.

Randomisierung

Im Zusammenhang mit einer Kausalanalyse (vgl. dort) bedeutet Randomisierung, dass die Maßnahmenteilnehmerinnen und -teilnehmer zufällig zwei Gruppen zugeordnet werden – der Treatment-Gruppe und der Kontrollgruppe. Die Treatment-Gruppe unterliegt der Intervention, deren Effekt untersucht werden soll. Die Kontrollgruppe unterliegt entweder keiner Intervention oder einer anderen Intervention als der untersuchten. Aus den Ergebnissen der Kontrollgruppe wird auf den kontrafaktischen Zustand (vgl. dort) der Treatment-Gruppe geschlossen, um die Wirkung der Intervention zu messen bzw. die Wirkung der verschiedenen Interventionen zu vergleichen. Die Randomisierung soll sicherstellen, dass es vor der Intervention keine systematischen Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Das bedeutet, dass alle bekannten und un-

bekanntesten Größen, die das Ergebnis beeinflussen könnten, gleichmäßig über beide Gruppen verteilt sind.

Referenzgenom

Ein Referenzgenom ist der vollständige Aufbau einer Gensequenz, die die Erbinformation eines Organismus oder einer kleinen Gruppe von Organismen repräsentiert. Dieses sequenzierte Genom wird als Referenz bei der Sequenzierung anderer Genome derselben Art genutzt, um genetische Variationen und Unterschiede festzustellen.

Schlüsseltechnologie

Zur Identifikation von Schlüsseltechnologien können drei Kriterien herangezogen werden: breite Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Technologiebereichen oder Branchen; starke, nicht-substituierbare Komplementarität (vgl. dort) zu einer Vielzahl anderer Technologien; hohes Potenzial für Leistungssteigerung bei einer Schlüsseltechnologie selbst und bei ihren Anwendungsbereichen.

Selbstbewirtschaftungsmittel

Als Selbstbewirtschaftungsmittel werden auf staatlicher Ebene diejenigen Mittel im Haushaltsplan bezeichnet, die über das laufende Haushaltsjahr hinaus zur Verfügung stehen.

Selektion

Bei der Selektion in der Pflanzenzucht werden einzelne Pflanzen mit erwünschten Merkmalen ausgewählt, die zur Weiterzucht verwendet werden.

Skalierung

Die Skalierung eines Unternehmens bedeutet, dass es wächst bzw. seinen Umsatz steigert, ohne dass dafür höhere Fixkosten erforderlich sind oder größere Investitionen getätigt werden müssen.

Soziale Innovation

Soziale Innovationen sind neue individuelle und kollektive Verhaltensweisen sowie Organisationsformen, die zur Lösung gesellschaftlicher oder wirtschaftlicher Probleme beitragen und damit einen gesellschaftlichen Mehrwert schaffen. Sie werden von unterschiedlichen Akteuren wie Einzelpersonen, Haushalten, Gruppen und Unternehmen entwickelt. Sie können, müssen aber nicht, mit technologischen Innovationen im Zusammenhang stehen.

Sozialunternehmen

Sozialunternehmen sind Unternehmen, die soziale oder ökologische Probleme mit unternehmerischen Mitteln lösen. Ihr Ziel ist es, einen Nutzen für die Gesellschaft zu schaffen und diesen der Gesellschaft zurückzugeben, anstatt ausschließlich Gewinne zu erzielen. Sozialunternehmen arbeiten wirkungsorientiert. Eine rechtliche Definition für Sozialunternehmen existiert in Deutschland derzeit nicht.

Spillover

Spillover-Effekte treten in Forschung und Innovation in Form von Wissenstransfers auf, z. B. wenn ein Unternehmen A in der Lage ist, ökonomische Erträge aufgrund der FuE-Aktivitäten eines anderen Unternehmens B zu erzielen.

Start-ups

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

Stresstoleranz

Stresstoleranz ist eine Eigenschaft von Pflanzen, Stress durch beispielsweise Wassermangel, übermäßige Sonneneinstrahlung, aber auch Schädlingsbefall zu ertragen.

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.

Technologische Souveränität

Eine Volkswirtschaft ist in einer Technologie souverän, wenn sie diese Technologie, die wesentlich zu ihrer Wohlfahrt und Wettbewerbsfähigkeit beiträgt oder kritisch im Sinne systemischer Relevanz

ist, selbst vorhalten, weiterentwickeln und bei ihrer Standardisierung mitwirken kann oder über die Möglichkeit verfügt, diese Technologie ohne einseitige Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen zu beziehen und anzuwenden.

Teilbreitenschaltung

Teilbreitenschaltung ist ein System zur präzisen Ausbringung von Betriebsmitteln auf Anbauflächen.

Transnationale Patentanmeldungen

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

Transportbakterien

Bakterien wie das *Agrobacterium tumefaciens* werden in der Gentechnik als Vehikel zum Transport von Gensequenzen verwendet.

Treatmentgruppe

Vgl. Kausalanalyse.

Trittbrettfahrer

In Fällen von Nicht-Ausschließbarkeit (vgl. öffentliche Güter) besteht die Möglichkeit des Trittbrettfahrens, d. h. die Möglichkeit, von einem Gut zu profitieren, ohne sich an dessen Finanzierung zu beteiligen.

Vegetationsperiode

Der Zeitraum, in dem Pflanzen wachsen, blühen und Früchte tragen, bezeichnet die Vegetationsperiode. Diese Phase wird bestimmt durch klimatische Bedingungen, die das Pflanzenwachstum zulassen.

Vertikale Integration

Vertikale Integration bedeutet, dass ein Unternehmen vor- oder nachgelagerte Fertigungs- oder Handelsstufen eingliedert.

Zwischenfrucht

Als Zwischenfrucht werden Kulturpflanzen bezeichnet, die zeitlich zwischen zwei Hauptfrüchten, z. B. Getreide, Kartoffeln, Rüben, angebaut werden. Häufig wird die Zwischenfrucht nicht zum Verkauf, sondern als Futtermittel oder zur Düngung verwendet.

C4 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.

1-2024

Kerst, C.; Meier, D. H. (2024): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

2-2024

De Monte, E.; Murmann, S. (2024): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2022. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

3-2024

Schiersch, A.; Gulden, V. S. (2024): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

4-2024

Geppert, F.; Krachunova T.; Bellingrath-Kimura, S. (2024): Digital and Smart Technologies in Agriculture in Germany: Identification of Key Recommendations for Sustainability Actions. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

5-2024

Hartung, F.; Krause, D.; Sprink, T.; Wilhelm, R. (2024): Kurzstudie über Anwendungen der Grünen Gentechnik in der Landwirtschaft – Potenziale und Risiken. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

6-2024

Dederer, H.-G. (2024): Kurzstudie zu Gentechnikrecht und Patentrecht bei Pflanzen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

7-2024

Zyontz, S. (2024): Mapping CRISPR Research, Innovation, and Diffusion Activities in Agriculture – Cross-national. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

8-2024

Coda-Zabetta, M.; Lissoni, F.; Miguelez, E. (2024): International Mobility and Collaboration of German Scientists, 2005–2020. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

9-2024

Karaulova, M.; Kroll, H.; Garcia Chavez, C.; Berghäuser, H. (2024): Researcher Mobility and Cooperation in the Science System. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

10-2024

Weber, M.; Giesecke, S.; Havas, A.; Schartinger, D.; Albiez, A.; Horak, S.; Blind, K.; Bodenheimer, M.; Daimer, S.; Shi, L.; Stadler, M.; Schmitz, D. (2024): Social Innovation – (Accompanying) Instrument for Addressing Societal Challenges? Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

11-2024

Büchle, S.; Bünstorf, G.; Cantner, U.; Dreier, L.; Meurer, P.; Neumann, L. P. (2024): Commissioned Project Evaluations of Research and Innovation Policy in Germany: A Review. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

12-2024

Stiller, J.; Eilers, L.; Heiny, F.; Oslislo, C. (2024): Indikatoren zum deutschen Forschungs- und Innovationssystem – Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft, Patentanmeldungen und Fachpublikationen. Berlin: EFI.

C5 Literaturverzeichnis

- Abadie, A. (2021): Using Synthetic Controls. Feasibility, Data Requirements, and Methodological Aspects. *Journal of Economic Literature*. 59(2). S. 391–425.
- Abadie, A.; Diamond, A.; Hainmueller, J. (2010): Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies. Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program. *Journal of the American Statistical Association*. 105(490). S. 493–505.
- Acemoglu, D.; Autor, D.; Patterson, C. (2023): Bottlenecks: Sectoral Imbalances and the US Productivity Slowdown. *NBER Macroeconomics Annual 2023*. Volume 38. University of Chicago Press.
- Adams, J. (2012): Collaborations. The Rise of Research Networks. *Nature*. 490(7420). S. 335–336.
- Agrawal, A.; Cockburn, I.; McHale, J. (2006): Gone But Not Forgotten. Knowledge Flows, Labor Mobility, and Enduring Social Relationships. *Journal of Economic Geography*. 6(5). S. 571–591.
- Agrawal, A.; McHale, J.; Oettl, A. (2017): How Stars Matter. Recruiting and Peer Effects in Evolutionary Biology. *Research Policy*. 46(4). S. 853–867.
- Ahmed, N.; Wahed, M. (2020): The De-democratization of AI: Deep Learning and the Compute Divide in Artificial Intelligence Research. *arXiv preprint arXiv:2010.15581*.
- Ahmed, N.; Wahed, M.; Thompson, N. C. (2023): The Growing Influence of Industry in AI Research. *Science (New York, N. Y.)*. 379(6635). S. 884–886.
- Akademie für Künstliche Intelligenz im KI Bundesverband (2023): Große KI-Modelle für Deutschland. Gefördert durch das BMWK aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags. Berlin: KI Bundesverband.
- Alperstedt, G. D.; Andion, C. (2021): Social Innovation Ecosystems: A Literature Review and Insights for a Research Agenda. In: Howaldt, J.; Kaletka, C.; Schröder, A.: *A Research Agenda for Social Innovation*.
- Aufderheide, E.; Neizert, B. (2016): Internationalisierung der Forschung. In: Simon, D.; Knie, A.; Hornbostel, S.; Zimmermann, K.: *Handbuch Wissenschaftspolitik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Azoulay, P.; Fuchs, E.; Goldstein, A.; Kearney, M. (2018): Funding Breakthrough Research: Promises and Challenges of the "ARPA Model". NBER Working Paper. 24674. Cambridge: NBER.
- BAND – Business Angels Netzwerk Deutschland (2022): Immer Ärger mit den Patenten!? Wie den IP-Transfer aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen für Ausgründungen optimieren? BAND im Fokus. 01/2022. Essen: BAND.
- Barbu, Y.; Vergniolle, O.; Guillaud, N. (2021): Deutsche Forschungszulage vs. französischer Crédit d'Impôt Recherche. Eine vergleichende Analyse steuerlicher F&E-Anreizsysteme in Deutschland und Frankreich. *IWB(15)*. S. 605–613.
- Barrows, G.; Sexton, S.; Zilberman, D. (2014): Agricultural Biotechnology. The Promise and Prospects of Genetically Modified Crops. *Journal of Economic Perspectives*. 28(1). S. 99–120.
- Bauder, H. (2015): The International Mobility of Academics. A Labour Market Perspective. *International Migration*. 53(1). S. 83–96.
- Beine, M.; Docquier, F.; Rapoport, H. (2001): Brain Drain and Economic Growth. Theory and Evidence. *Journal of Development Economics*. 64(1). S. 275–289.
- Benus, J.; Shen, T.; Zhang, S.; Chan, M.; Hansen, B. (2009): Growing America Through Entrepreneurship: Final Evaluation of Project GATE. Submitted to: U.S. Department of Labor. Columbia: IMPAQ International, LLC.
- Bertschek, I.; Bonin, H.; Cantner, U.; Häussler, C.; Hölzle, K.; Requate, T. (2022): DATI: Wenn schon, denn schon!. *Policy Brief*. 2-2022. Berlin: EFI.
- Bertschek, I.; Bünstorf, G.; Cantner, U.; Häussler, C.; Requate, T.; Welter, F. (2023a): Konsequente Entfesselung der SPRIND. Transformationen vorantreiben und Zeichen für agile F&I-Politik in Deutschland setzen. *Policy Brief*. 2-2023. Berlin: EFI.
- Bertschek, I.; Bünstorf, G.; Cantner, U.; Häussler, C.; Requate, T.; Welter, F. (2023b): Mit welchen Governance-Strukturen lässt sich die Agilität der missionsorientierten F&I-Politik steigern? F&I-Politik steht vor komplexen Aufgaben. *Policy Brief*. 1-2023. Berlin: EFI.
- Bertschek, I.; Bruder Müller, M.; Jagdhuber, S.; Süssenguth, F. (2023c): Lernende Regulatorik als Innovationstreiber - Anregungen zur Ausgestaltung des Reallabore-Gesetzes, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V., Berlin.
- Biggeri, M.; Testi, E.; Bellucci, M. (2017): Enabling Ecosystems for Social Enterprises and Social Innovation. A capability approach perspective. *Journal of Human Development and Capabilities*. 18(2). S. 299–306.
- Bitkom Research (2020): Digitalisierung in der Landwirtschaft 2020. Berlin: Bitkom e. V.; Deutscher Bauernverband; Landwirtschaftliche Rentenbank.
- Bitkom Research (2022): Die Digitalisierung der Landwirtschaft. Berlin: Bitkom e. V.
- Blind, K.; Böhm, M.; Grzegorzewska, P.; Katz, A.; Muto, S.; Pättsch, S.; Schubert, T. (2021): The Impact of Open Source Software and Hardware on Technological Independence, Competitiveness and Innovation in the EU Economy. Final Study Report. Brussels: European Commission.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021a): Ressortkonzept zu Sozialen Innovationen. Bonn, Berlin: BMBF.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021b): Karliczek: Energiesparende KI-Chips ausgezeichnet. Pressemitteilung vom 11.03.2021.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2023a): BMBF Aktionsplan Künstliche Intelligenz. Neue Herausforderungen chancenorientiert angehen. Berlin: BMBF.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2023b): FAQ - DATI-pilot. Berlin: BMBF.

- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2023c): Umsetzung der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. Bericht der Bundesregierung. Bonn, Berlin: BMBF.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau. Berlin: BMEL.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022a): Den Wandel gestalten! Zusammenfassung zum GAP-Strategieplan 2023–2027. Berlin: BMEL.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022b): Erntebericht 2022 – Mengen und Preise. Berlin: BMEL.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023): Nationale Wasserstrategie. Berlin: BMUV.
- BMUV; BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz; Bundesamt für Naturschutz (2023): Naturbewusstsein 2021. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin: BMUV; BfN.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2013): Evaluierung wirtschaftspolitischer Fördermaßnahmen als Element einer evidenzbasierten Wirtschaftspolitik. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin: BMWi.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Neue Forschungszulage in Deutschland. Deutschland gewinnt als Standort für Forschung und Innovationen weiter an Attraktivität. Schlaglichter. Februar 2020. Berlin: BMWi.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023a): Grünbuch Reallabore. Konsultation für ein Reallabore-Gesetz und ergänzende Maßnahmen. Berlin: BMWK.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023b): One-Stop-Shop Reallabore. Problemanalyse und Handlungsbedarf. Berlin: BMWK.
- Böcker, T.; Finger, R. (2016): European Pesticide Tax Schemes in Comparison. An Analysis of Experiences and Developments. Sustainability. 8(4). S. 378.
- Bodenheimer, M. (2019): Transition Towards Socially Sustainable Behavior? A Comparison of Cases from the Smartphone and Garment Industries. Working Paper Sustainability and Innovation.
- Bommasani, R.; Hudson, D.A.; Adeli, E.; Altman, R.; Arora, S.; Arx, S. von; Bernstein, M.S.; Bohg, J.; Bosselut, A.; Brunskill, E.; Brynjolfsson, E.; Buch, S.; Card, D.; Castellon, R.; Chatterji, N.; Chen, A.; Creel, K.; Davis, J.Q.; Demszky, D.; Donahue, C.; Doumbouya, M.; Durmus, E.; Ermon, S.; Etchemendy, J.; Ethayarajah, K.; Fei-Fei, L.; Finn, C.; Gale, T.; Gillespie, L.; Goel, K.; Goodman, N.; Grossman, S.; Guha, N.; Hashimoto, T.; Henderson, P.; Hewitt, J.; Ho, D.E.; Hong, J.; Hsu, K.; Huang, J.; Icard, T.; Jain, S.; Jurafsky, D.; Kalluri, P.; Karamcheti, S.; Keeling, G.; Khani, F.; Khattab, O.; Koh, P.W.; Krass, M.; Krishna, R.; Kuditipudi, R.; Kumar, A.; Ladhak, F.; Lee, M.; Lee, T.; Leskovec, J.; Levent, I.; Li, X.L.; Li, X.; Ma, T.; Malik, A.; Manning, C.D.; Mirchandani, S.; Mitchell, E.; Munyikwa, Z.; Nair, S.; Narayan, A.; Narayanan, D.; Newman, B.; Nie, A.; Niebles, J.C.; Nilforoshan, H.; Nyarko, J.; Ogut, G.; Orr, L.; Papadimitriou, I.; Park, J.S.; Piech, C.; Portelance, E.; Potts, C.; Raghunathan, A.; Reich, R.; Ren, H.; Kong, F.; Roohani, Y.; Ruiz, C.; Ryan, J.; Ré, C.; Sadigh, D.; Sagawa, S.; Santhanam, K.; Shih, A.; Srinivasan, K.; Tamkin, A.; Taori, R.; Thomas, A.W.; Tramèr, F.; Wang, R.E.; Wang, W.; Wu, B.; Wu, J.; Wu, Y.; Xie, S.M.; Yasunaga, M.; You, J.; Zaharia, M.; Zhang, M.; Zhang, T.; Zhang, X.; Zhang, Y.; Zheng, L.; Zhou, K.; Liang, P. (2022): On the Opportunities and Risks of Foundation Models. Stanford Institute for Foundation Models, Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, Stanford University.
- Bommasani, R.; Kapoor, S.; Klyman, K.; Longpre, S.; Ramaswami, A.; Zhang, D.; Schaake, D.; Ho, D.E.; Narayanan, A.; Liang, P. (2023): Considerations for Governing Open Foundation Models. Stanford: Issue Brief HAI Policy & Society.
- Borjas, G.J.; Doran, K.B. (2012): The Collapse of the Soviet Union and the Productivity of American Mathematicians. Quarterly Journal of Economics. 127(3). S. 1143–1203.
- Bornmann, L. (2016): Is the Promotion of Research Reflected in Bibliometric Data? A Network Analysis of Highly Cited Papers on the Clusters of Excellence Supported under the Excellence Initiative in Germany. Scientometrics. 107(3). S. 1041–1061.
- Boudreau, K.J.; Brady, T.; Ganguli, I.; Galle, P.; Guinan, E.; Hollenberg, A.; Lakhani, K.R. (2017): A Field Experiment on Search Costs and the Formation of Scientific Collaborations. Review of Economics and Statistics. 99(4). S. 565–576.
- Brynjolfsson, E.; Rock, D.; Syverson, C. (2019): Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. In Agrawal, A.; Gans, J.; Goldfarb, A. (Hrsg.), The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. National Bureau of Economic Research conference report. Chicago: The University of Chicago Press.
- Büchel, J.; Engler, J.; Mertens, A. (2023): KI-Einsatzbereiche in Deutschland. Eine Analyse von KI-Stellenanzeigen. Gutachten im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“. Berlin: BMWK.
- Büchle, S.; Bünstorf, G.; Cantner, U.; Dreier, L.; Meurer, P.; Neumann, L.P. (2024): Commissioned Project Evaluations of Research and Innovation Policy in Germany: A Review. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 11-2024. Berlin: EFI.
- Bureau of European Policy Advisor (2010): Empowering People, Driving Change: Social Innovation in the European Union.
- Carayol, N.; Maublanc, F. (2022): Can Money Buy Scientific Leadership? The Impact of Excellence Programs on German and French Universities. Bordeaux: Université de Bordeaux.
- Card, D.; Krueger, A.B. (1994): Minimum Wages and Employment: A Case Study of the Fast-Food Industry in New Jersey and Pennsylvania. The American Economic Review. 84(4). S. 772–793.
- Chai, S.; Freeman, R.B. (2019): Temporary Colocation and Collaborative Discovery. Who Confers at Conferences. Strategic Management Journal. 40(13). S. 2138–2164.
- Coad, A.; Nightingale, P.; Stilgoe, J.; Vezzani, A. (2021): Editorial: The Dark Side of Innovation. Industry and Innovation. 28(1). S. 102–112.
- Coda-Zabetta, M.; Lissoni, F.; Miguelez, E. (2024): International Mobility and Collaboration of German Scientists, 2005-2020. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2024. Berlin: EFI
- Conde Gallego, B.; Drexel, J.; Harhoff, D. (2015): Standardessentielle Patente: Die Rolle von Standardsetzungsorganisationen. München: MPG.
- Curtis, T.; Bull, M.; Nowack, V. (2023): The Rising Tide of Criticality in Social Entrepreneurship and Social Innovation. NOvation-Critical Studies of Innovation. 4. S. 8–34.
- Czarnitzki, D.; Fernández, G.P.; Rammer, C. (2023): Artificial Intelligence and Firm-level Productivity. Journal of Economic Behavior & Organization. 211. S. 188–205.
- Dallendörfer, M.; Dieken, S.; Henseleit, M.; Siekmann, F.; Venghaus, S. (2022): Investigating Citizens' Perceptions of the Bioeconomy in Germany – High Support but Little Understanding. Sustainable Production and Consumption. 30(2). S. 16–30.
- Dederer, H.-G. (2024): Kurzstudie zu Gentechnikrecht und Patentrecht bei Pflanzen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2024. Berlin: EFI.
- DellaVigna, S.; Linos, E. (2022): RCTs to Scale. Comprehensive Evidence From

Two Nudge Units. *Econometrica*. 90(1). S. 81–116.

Destatis – Statistisches Bundesamt (2023): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Inlandsproduktberechnung Lange Reihen ab 1970. Wiesbaden: Destatis.

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.; Deutsche Forschungsgemeinschaft; Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften e.V (2019): Stellungnahme – Wege zu einer wissenschaftlich begründeten, differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU. Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung. Halle (Saale), Berlin, Mainz: Leopoldina.

Deutscher Bundestag (1936): Patentgesetz. PatG.

Deutscher Bundestag (2008): Verordnung über die gute fachliche Praxis bei der Erzeugung gentechnisch veränderter Pflanzen. GenTPflEV.

Deutscher Bundestag (2021a): Gesetz zur Regelung der Gentechnik. GenTG.

Deutscher Bundestag (2021b): Sortenschutzgesetz.

Deutscher Bundestag (2022): Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion und zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften.

Deutscher Bundestag (2023a): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion der CDU/CSU. Aktueller Umsetzungsstand der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. Drucksache. 20/8152.

Deutscher Bundestag (2023b): Bericht zur Halbzeit der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Mit Mut gemeinsam Zukunft gestalten – weiter Fahrt aufnehmen. Drucksache. 20/8719.

Deutscher Bundestag (2023c): Entwurf eines Gesetzes über die Arbeitsweise der Bundesagentur für Sprunginnovationen und zur Flexibilisierung ihrer rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen (SPRIND-Freiheitsgesetz – SPRINDFG). Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss). Drucksache. 20/9362.

Deutscher Bundestag (2023d): Entwurf eines Gesetzes zur Stärkung von Wachstumschancen, Investitionen und Innovation sowie Steuervereinfachung und Steuerfairness (Wachstumschancengesetz). Gesetzesentwurf der Bundesregierung. Drucksache. 20/8628.

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

Die Bundesregierung (2018): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Berlin/Bonn: Die Bundesregierung.

Die Bundesregierung (2019): Zwischenbericht ein Jahr KI-Strategie.

Die Bundesregierung (2020): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Fortschreibung 2020. Berlin: Die Bundesregierung.

Die Bundesregierung (2022): Erreichung der 17 globalen Nachhaltigkeitsziele wichtiger denn je – Einrichtung von Transformationsteams beschlossen. Pressemitteilung vom 13.09.2022.

Die Bundesregierung (2023a): Fortschritt durch Datennutzung. Strategie für mehr und bessere Daten für neue, effektive und zukunftsweisende Datennutzung. Berlin: BMDV.

Die Bundesregierung (2023b): Nationale Strategie für Soziale Innovationen und Gemeinwohlorientierte Unternehmen. Berlin: BMWK; BMBF.

Die Bundesregierung (2023c): Nationaler Aktionsplan für den Europäischen Forschungsraum. Bonn: BMBF.

Die Bundesregierung (2023d): Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. Berlin: BMBF.

DIHK – Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2022): Mit Innovationen Krisen meistern. Kurzbefragung zur Forschungszulage. Berlin, Brüssel: DIHK.

DIN (2019): Leitfaden für standardessentielle Patente. Pressemitteilung vom 26.06.2019.

Döbel, I.; Leis, M.; Vogelsang, M.; Neustroev, D.; Petzka, H.; Riemer, A.; Rüpping, S.; Voss, A.; Wegele, M.; Welz, J. (2018): Maschinelles Lernen. Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. München: Fraunhofer-Gesellschaft.

Doherty, B.; Haugh, H.; Lyon, F. (2014): Social Enterprises as Hybrid Organizations. A Review and Research Agenda. *International journal of management reviews*. 16(4). S. 417–436.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2022a): 6. Nationaler Klimareport. Offenbach: DWD.

DWD – Deutscher Wetterdienst (2022b): Was wir 2022 über das Extremwetter in Deutschland wissen. Offenbach: DWD.

Edler, J.; Ostertag, K.; Schuler, J. (2023): Social Innovation, Transformation, and Public Policy. Towards a Conceptualization and Critical Appraisal. *Science and Public Policy*. 1-9.

Edwards-Schachter, M.; Wallace, M. L. (2017): ‘Shaken, But Not Stirred’: Sixty Years of Defining Social Innovation. *Technological Forecasting and Social Change*. 119. S. 64–79.

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

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2013): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2013. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014. 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 (2021): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2022): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2022. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2023): Gutachten zu Forschung Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2023. Berlin: EFI.

Euclid Network – Dupain, W.; Scharpe, K.; Gazeley, T.; Bennett, T.; Mair, J.; Raith, M.; Bosma, N. (2022): The State of Social Enterprise in Europe – European Social Enterprise Monitor 2021-2022: Euclid Network.

- Europäische Kommission (2011): Schaffung eines „Ökosystems“ zur Förderung der Sozialunternehmen als Schlüsselaktoren der Sozialwirtschaft und der sozialen Innovation. Initiative für soziales Unternehmertum. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. COM(2011) 682 final.
- Europäische Kommission (2014): Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der Kommission vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union.
- Europäische Kommission (2019): Durchführungsverordnung der Kommission über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge. EU 2019/947.
- Europäische Kommission (2020): Sozialunternehmen und ihre Ökosysteme in Europa. Zusammenfassung des Syntheseberichts. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. Luxemburg.
- Europäische Kommission (2023a): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über mit bestimmten neuen genomischen Techniken gewonnene Pflanzen und die aus ihnen gewonnenen Lebens- und Futtermittel sowie zur Änderung der Verordnung (EU) 2017/625. EU 2023/0226.
- Europäische Kommission (2023b): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über standardessenzielle Patente und zur Änderung der Verordnung (EU) 2017/1001.
- Europäische Kommission (2023c): Schutz des geistigen Eigentums: EU-Kommission legt Vorschlag für neue Patentvorschriften vor. Pressemitteilung vom 27.04.2023.
- Europäische Kommission; Joint Research Centre (2020): Pilot Study for Essentiality Assessment of Standard Essential Patents. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
- Europäischer Gerichtshof (2018): Absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt – Mutagenese – Richtlinie 2001/18/EG: Europäischer Gerichtshof.
- Europäisches Parlament (2001): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. EU 2001/18/EG.
- Europäisches Parlament (2018): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. (EU) 2018/848.
- Europäisches Parlament (2023): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über harmonisierte Vorschriften für einen fairen Datenzugang und eine faire Datennutzung sowie zur Änderung der Verordnung (EU) 2017/2394 und der Richtlinie (EU) 2020/1828. (EU) 2023/2854.
- European Commission – José Manuel Durão Barroso (2011): Europe Leading Social Innovation: European Commission.
- European Commission (2017a): Commission Recommendation on the European Pillar of Social Rights. C (2017) 2600 final.
- European Commission (2017b): Social Innovation as a Trigger for Transformations – The Role of Research.
- European Commission (2021a): Annexes to the Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Fostering a European Approach to Artificial Intelligence. Brussels: European Commission.
- European Commission (2021b): Study on the Status of New Genomic Techniques under Union Law and in Light of the Court of Justice Ruling in Case C-528/16. Brussels: European Commission.
- European Commission Directorate-General Research and Innovation (2010): A Decade of EU-funded GMO Research (2001-2010). Brussels: European Commission.
- European Commission Regulatory Scrutiny Board (2023): Impact Assessment / Legislation for Plants Produced by Certain New Genomic Techniques. Brussels: European Commission.
- European Parliament, The Council of the European Union (2021): Regulation (EU) 2021/695 of the European Parliament and of the Council of 28 April 2021 Establishing Horizon Europe—The Framework Programme for Research and Innovation, Laying down its Rules for Participation and Dissemination, and Repealing Regulations (EU) No 1290/2013 and (EU) No 1291/2013. Official Journal of the European Union, L. 170. S. 1–68.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022): Drivers and Triggers for Transformation. The future of food and agriculture. Rome: FAO.
- Finger, L.; Schmitt, J.; Stenke, G. (2023): Drei Jahre Forschungszulage: Ein erstes Fazit zur Resonanz. Essen: Stifterverband.
- Finger, R. (2023): Digital Innovations for Sustainable and Resilient Agricultural Systems. European Review of Agricultural Economics. 50(4). S. 1277–1309.
- Fountas, S.; Sorensen, C. G.; Tsiropoulos, Z.; Cavalari, C.; Liakos, V.; Gemtos, T. (2015): Farm Machinery Management Information System. Computers and electronics in agriculture. 110. S. 131–138.
- Franzoni, C.; Scellato, G.; Stephan, P. E. (2012): Foreign Born Scientists: Mobility Patterns for Sixteen Countries. Cambridge, MA: NBER.
- Franzoni, C.; Scellato, G.; Stephan, P. E. (2014): The Mover's Advantage. The Superior Performance of Migrant Scientists. Economics Letters. 122(1). S. 89–93.
- Furso, K.; Linton, J. (2022): Social Innovation. Integrating Product and User Innovation. Technological Forecasting and Social Change. 174. S. 121224.
- Ganguli, I. (2015): Immigration and Ideas. What Did Russian Scientists "Bring" to the United States? Journal of Labor Economics. 33(1). S. 257–288.
- Gault, F. (2012): User Innovation and the Market. Science and Public Policy. 39(1). S. 118–128.
- Geels, F. W.; Schot, J. (2007): Typology of Sociotechnical Transition Pathways. Research Policy. 36(3). S. 399–417.
- Geppert, F.; Krachunova T.; Bellingrath-Kimura, S. (2024): Digital and Smart Technologies in Agriculture in Germany: Identification of Key Recommendations for Sustainability Actions. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2024. Berlin: EFI.
- Granstrand, O.; Holgersson, M. (2020): Innovation Ecosystems. A Conceptual Review and a New Definition. Technovation. 90-91(11). S. 102098.
- Groysberg, B.; Lee, L.-E. (2009): Hiring Stars and Their Colleagues. Exploration and Exploitation in Professional Service Firms. Organizational Ambidexterity. 20(4). S. 740–758.
- Guthrie, S.; Lichten, C.; Harte, E.; Parks, S.; Wooding, S. (2017): International Mobility of Researchers. A Survey of Researchers in the UK. Santa Monica, CA, Cambridge, UK: Rand Corporation.
- Hallmann, C. A.; Sorg, M.; Jongejans, E.; Siepel, H.; Hofland, N.; Schwan, H.; Stenmans, W.; Müller, A.; Sumser, H.; Hörren, T.; Goulson, D.; Kroon, H. de (2017): More than 75 Percent Decline Over 27 years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas. PloS one. 12(10). e0185809.
- Harhoff, D.; Kagermann, H.; Stratmann, M. (2018): Impulse für Sprunginnovationen in Deutschland. acatech DISKUSSION. München: Herbert Utz Verlag.

- Hartung, F.; Krause, D.; Sprink, T.; Wilhelm, R. (2024): Kurzstudie über Anwendungen der Grünen Gentechnik in der Landwirtschaft – Potenziale und Risiken. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 5-2024. Berlin: EFI.
- Havas, A.; Molnár, G. (2020): A Multi-Channel Interactive Learning Model of Social Innovation. CERS-IE WP. 24.
- Hellfeier, M.; Hendricks, S. (2022): Wegweisend. Das Urteil zur Beamtenversorgung bei Wechsel ins EU-Ausland. *Forschung & Lehre*(11). S. 874–875.
- Herrero, M.; Thornton, P.K.; Mason-D'Croz, D.; Palmer, J.; Bodirsky, B.L.; Pradhan, P.; Barrett, C.B.; Benton, T.G.; Hall, A.; Pikaar, I.; Bogard, J.R.; Bonnett, G.D.; Bryan, B.A.; Campbell, B.M.; Christensen, S.; Clark, M.; Fanzo, J.; Godde, C.M.; Jarvis, A.; Loboguerrero, A.M.; Mathys, A.; McIntyre, C.L.; Naylor, R.L.; Nelson, R.; Obersteiner, M.; Parodi, A.; Popp, A.; Ricketts, K.; Smith, P.; Valin, H.; Vermeulen, S.J.; Vervoort, J.; van Wijk, M.; van Zanten, H.H.E.; West, P.C.; Wood, S.A.; Rockström, J. (2021): Articulating the Effect of Food Systems Innovation on the Sustainable Development Goals. *The Lancet Planetary Health*. 5(1).
- Hippel, E. von (1976): The Dominant Role of Users in the Scientific Instrument Innovation Process. *Research Policy*. 5(3). S. 212–239.
- Hippel, E. von (1988): *The Sources of Innovation*: Oxford University Press.
- Hippel, E. von (2005): *Democratizing Innovation*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Hirschfeld, J.; Schulze, N.; Hock, A. (2021): Priorisierung einzelner Schadens- und Kostendimensionen der Folgen des Klimawandels. Kurzstudie im Rahmen des Projektes Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. Berlin: BMUV.
- Hoisl, K. (2007): Tracing Mobile Inventors. The Causality Between Inventor Mobility and Inventor Productivity. *Research Policy*. 36(5). S. 619–636.
- Howaldt, J.; Kaletka, C.; Schröder, A.; Zirngiebl, M. (2019): *Atlas of Social Innovation*. 2nd Volume. A World of New Practices: oekom verlag.
- Howaldt, J.; Schwarz, M. (2010). Social Innovation: Concepts, Research Fields and International Trends. In K. Henning & F. Hees (Eds.), *Studies for Innovation in a Modern Working Environment* (Vol. 5): IMA/ZLW & IfU.
- Huang, H. (2017): Invisible Constraints. The Relationship among Non-Competition Agreements, Inventor Mobility, and Patent Commercialization. *Science and Public Policy*. 44(3). 341-353.
- Hunter, R.S.; Oswald, A.J.; Charlton, B.G. (2009): The Elite Brain Drain. *The Economic Journal*. 119(538). S. 231–251.
- IEKE – Internationale Expertenkommission zur Evaluation der Exzellenzinitiative (2016): *Endbericht*. Berlin: IEKE.
- Imbens, G.W.; Wooldridge, J.M. (2009): Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. *Journal of Economic Literature*. 47(1). S. 5–86.
- Jägermeyr, J.; Müller, C.; Ruane, A.C.; Elliott, J.; Balkovic, J.; Castillo, O.; Faye, B.; Foster, I.; Folberth, C.; Franke, J.A.; Fuchs, K.; Guarin, J.R.; Heinke, J.; Hoogenboom, G.; Iizumi, T.; Jain, A.K.; Kelly, D.; Khabarov, N.; Lange, S.; Lin, T.-S.; Liu, W.; Mialyk, O.; Minoli, S.; Moyer, E.J.; Okada, M.; Phillips, M.; Porter, C.; Rabin, S.S.; Scheer, C.; Schneider, J.M.; Schyns, J.F.; Skalsky, R.; Smerald, A.; Stella, T.; Stephens, H.; Weber, H.; Zabel, F.; Rosenzweig, C. (2021): Climate Impacts on Global Agriculture Emerge Earlier in New Generation of Climate and Crop Models. *Nature food*. 2(11). S. 873–885.
- Jaudzims, S.; Oberschelp, A. (2023): Internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an deutschen Hochschulen: Von der Postdoc-Phase zur Professur (InWiDeHo). Eine Analyse von Herausforderungen und Gelingensbedingungen. DAAD Studien. Bonn: DAAD.
- Joint Research Centre; Brothoerts, W.; Jacchia, S.; Angers, A.; Petrillo, M.; Querci, M.; Savini, C.; van den Eede, G.; Emons, H. (2021a): *New Genomic Techniques – State-of-the-art Review*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Joint Research Centre; Parisi, C.; Rodriguez-Cerezo, E. (2021b): *Current and Future Market Applications of New Genomic Techniques*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Jung, C.; Till, B. (2021): Mutagenesis and Genome Editing in Crop Improvement. Perspectives for the Global Regulatory Landscape. *Trends in Plant Science*. 26(12). S. 1258–1269.
- Karaulova, M.; Kroll, H.; Garcia Chavez, C.; Berghäuser, H.; Schilling, N.; Gruber, S.; Frietsch, R.; Rothengatter, O.; Neuhäusler, P. (2024): *Researcher Mobility and Cooperation in the Science System*. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2024. Berlin: EFI
- Kato-Nitta, N.; Tachikawa, M.; Inagaki, Y.; Maeda, T. (2023): Public Perceptions of Risks and Benefits of Gene-edited Food Crops. An International Comparative Study between the US, Japan, and Germany. *Science, Technology, & Human Values*. 48(6). S. 1360–1392.
- Kaufmann, Tanja, Katharina Schiller, Linda Widdel (2022): *Towards Successful Bottom-Up transitions: Conceptualizing Transformative Capacities of Individuals in Social Innovations*. Working Paper Sustainability and Innovation. S08/2022.
- Kehl, C.; Meyer, R.; Steiger, S. (2021a): *Digitalisierung der Landwirtschaft. Teil I: Technologischer Stand und Perspektiven*. TAB-Arbeitsbericht(193).
- Kehl, C.; Meyer, R.; Steiger, S. (2021b): *Digitalisierung der Landwirtschaft. Teil II: Gesellschaftliche Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Effekte*. TAB-Arbeitsbericht(194).
- Khanal, S.; KC, K.; Fulton, J.P.; Shearer, S.; Ozkan, E. (2020): Remote Sensing in Agriculture—Accomplishments, Limitations, and Opportunities. *Remote Sensing*. 12(22). S. 3783.
- Kinne, J.; Axenbeck, J. (2020): *Web Mining for Innovation Ecosystem Mapping. A Framework and a Large-Scale Pilot Study*. *Scientometrics*. 125(3). S. 2011–2041.
- Kliem, L.; Krachunova, T.; Lange, S.; Wagner, J.; Bellingrath-Kimura, S. (2023): Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Landwirtschaft aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Klümper, W.; Qaim, M. (2014): A Meta-analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLoS one*. 9(11). 111629.
- Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. (2012): *Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 25. S. 1097–1105.
- Krlev, G.; Mildenerberger, G.; Maier-Lohmann, I. (2020): *Indikatorik Soziale Innovationen: Ergebnisse der Messung regionaler Innovationskapazitäten*. Heidelberg: Universität Heidelberg, Forschungsstelle Centrum für Soziale Investitionen und Innovationen.
- Krlev, G.; Mildenerberger, G.; Strambach, S.; Terstriep, J.; Thurmann, J.; Wloka L. (2021): *Codebuch Indikatorik Soziale Innovation (IndiSI) – Zur Messung sozialer Innovationen*. Gelsenkirchen: Westfälische Hochschule Gelsenkirchen.
- Kuittinen, H.; Polt, W.; Weber, M. (2018): *Mission Europe? A Revival of Mission-Oriented Policy in the European Union*. *Re:thinking Europe. Positions on Shaping an Idea*. S. 197–213.
- Larsson, O.S.; Brandsen, T. (2016): The Implicit Normative Assumptions of Social Innovation Research. *Embracing the Dark Side*. In: Brandsen, T.; Cattacin, S.; Evers, A.; Zimmer, A.: *Social Innovations in the Urban Context*.
- Lee, D.S.; Lemieux, T. (2010): Regression Discontinuity Designs in Economics. *Journal of Economic Literature*. 48(2). S. 281–355.

- Lee, M.; Huang, L. (2018): Gender Bias, Social Impact Framing, and Evaluation of Entrepreneurial Ventures. *Organization Science*. 29(1). S. 1–16.
- Lepori, B.; Seeber, M.; Bonaccorsi, A. (2015): Competition for Talent. Country and Organizational-Level Effects in the Internationalization of European Higher Education Institutions. *Research Policy*. 44(3). S. 789–802.
- Lerner, J.; Tirole, J. (2002): Some Simple Economics of Open Source. *The Journal of Industrial Economics*. 50(2). S. 197–234.
- LexisNexis (2023): Who Is Leading the 5G Patent Race? 2023. New York: LexisNexis.
- Luitse, D.; Denkena, W. (2021): The Great Transformer. Examining the Role of Large Language Models in the Political Economy of AI. *Big Data & Society*. 8(2). 205395172110477.
- Malmström, M.; Voikane, A.; Johansson, J.; Wincent, J. (2020): What Do They Think and What Do They Say? Gender Bias, Entrepreneurial Attitude in Writing and Venture Capitalists' Funding Decisions. *Journal of Business Venturing Insights*. 13. 00154.
- Maslej, N.; Fattorini, L.; Brynjolfsson, E.; Etchemendy, J.; Ligett, K.; Lyons, T.; Manyika, J.; Ngo, H.; Niebles, J. C.; Parli, V.; Shoham, Y.; Wald, R.; Clark, J.; Perrault, R. (2023): The AI Index 2023 Annual Report. Stanford: AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University.
- Mayr, K.; Peri, G. (2009): Brain Drain and Brain Return. Theory and Application to Eastern-Western Europe. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*. 9(1). S. 1–52.
- Metzger, G. (2019): Social Entrepreneurs in Deutschland: Raus aus der Nische – 154.000 „junge“ Sozialunternehmer im Jahr 2017. . KfW Research, Fokus Volkswirtschaft, (238).
- Möller, T.; Schmidt, M.; Hornbostel, S. (2016): Assessing the Effects of the German Excellence Initiative with Bibliometric Methods. *Scientometrics*. 109(3). S. 2217–2239.
- Moretti, E.; Steinwender, C.; van Reenen, J. (2019): The Intellectual Spoils of War? Defense R&D, Productivity and International Spillovers. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Mountford, A. (1997): Can a Brain Drain Be Good for Growth in the Source Economy? *Journal of Development Economics*. 53(2). S. 287–303.
- Netz, N.; Hampel, S.; Aman, V. (2020): What Effects Does International Mobility Have on Scientists' Careers? A Systematic Review. *Research Evaluation*. 29(3). S. 327–351.
- Netzwerk der Projektträger (2023): Administrative Fesseln der Innovationsförderung abstreifen: SPRIND-Freiheitsgesetz breiter denken. Diskussionsimpuls des Netzwerks der Projektträger. Düsseldorf: Netzwerk der Projektträger.
- Nielsen, H. Ø.; Konrad, M. T. H.; Pedersen, A. B.; Gyldenkerne, S. (2023): Ex-post Evaluation of the Danish Pesticide Tax. A Novel and Effective Tax Design. *Land Use Policy*. 126(1). 106549.
- o. V. (2023): Digitalstrategie. Gemeinsam digitale Werte schöpfen.
- OECD – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2017): OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017. The Digital Transformation. Paris: OECD.
- OECD – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2022): Designing Legal Frameworks for Social Enterprises.
- Otto, B.; Seidelmann, J.; Schmelting, J.; Sauer, O. (2023): Vorstudie Datenraum Manufacturing-X. Architektur, Basisdienste und Organisation unter Berücksichtigung der Spezifika der ausrüstenden Industrie. Frankfurt a. M.: Fraunhofer, VDMA, ZVEI.
- Pallante, G.; Russo, E.; Roventini, A. (2023): Does Public R&D Funding Crowd-in Private R&D Investment? Evidence from Military R&D Expenditures for US States. *Research Policy*. 52(8). S. 104807.
- Phills Jr., J. A.; Deiglmeier, K.; Miller, D. T. (2008): Rediscovering Social Innovation. *Stanford Social Innovation Review*. 6(4). S. 34–43.
- Poitras, C.; Larivière, V. (2023): Research Mobility to the United States. A Bibliometric Analysis. *Scientometrics*. 128(4). S. 2601–2614.
- Purnhagen, K. P.; Clemens, S.; Eriksson, D.; Fresco, L. O.; Tosun, J.; Qaim, M.; Visser, R. G. F.; Weber, A. P. M.; Wesseler, J. H. H.; Zilberman, D. (2021): Europe's Farm to Fork Strategy and Its Commitment to Biotechnology and Organic Farming. Conflicting or Complementary Goals? *Trends in plant science*. 26(6). S. 600–606.
- Qaim, M. (2020): Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 42(2). S. 129–150.
- Rammer, C. (2023a): Das Ökosystem für KI-Startups in Deutschland. Vermarktung, Finanzierung, Fachkräfte und Vernetzung in Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz. Berlin: BMWK.
- Rammer, C. (2023b): Erfahrungen mit der Umsetzung der Forschungszulage im Maschinen- und Anlagenbau. Ergebnisse einer Befragung des VDMA. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C. (2023c): Innovationsindikatoren Chemie und Pharma. Schwerpunktthema: Steuerliche Forschungsförderung. Mannheim, Hannover: ZEW; Leibniz Universität Hannover.
- Rammer, C.; Fernández, G. P.; Czarnitzki, D. (2022): Artificial Intelligence and Industrial Innovation. Evidence from German Firm-level Data. *Research Policy*. 51(7). S. 104555.
- Rassenfosse, G. de; Pellegrino, G. (2024): International Mobility of Inventors and Innovation. Empirical Evidence from the Collapse of the Soviet Union. *Economics Letters*. 234(9). S. 111450.
- RatSWD – Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten (2023): Forschungsdatengesetz: Was zentral ist. Ergebnis des Konsultationsprozesses aus Sicht des RatSWD. Berlin: RatSWD.
- Renko, M. (2013): Early Challenges of Nascent Social Entrepreneurs. *Entrepreneurship Theory and Practice*. 37(5). S. 1045–1069.
- RfII – Rat für Informationsinfrastrukturen (2023): Anforderungen an die Ausgestaltung eines Forschungsdatengesetzes und eines Dateninstituts. Diskussionsimpuls. Göttingen: RfII.
- Rivieccio, G.; Raies, K.; Schiavone, F. (2023): Are You Attractive Enough? An Empirical Analysis on User Innovators' Characteristics and the Creation of New Social Ventures. *Technological Forecasting and Social Change*. 189. S. 122383.
- Rueede, D.; Lurtz, K. (2012): Mapping the Various Meanings of Social Innovation: Towards a Differentiated Understanding of an Emerging Concept. EBS Business School Research Paper No. 12-03. 2012(12-03).
- Saiz-Rubio, V.; Rovira-Más, F. (2020): From Smart Farming towards Agriculture 5.0. A Review on Crop Data Management. *Agronomy*. 10(2). S. 207.
- Sardo, S.; Callegari, B.; Misganaw, B. A. (2023): Everything and Nothing. A Critical Review of the "Social" in Innovation and Entrepreneurship Studies. *NOvation-Critical Studies of Innovation*. 4. S. 63.
- Scellato, G.; Franzoni, C.; Stephan, P. (2015): Migrant Scientists and International Networks. *Research Policy*. 44(1). S. 108–120.
- Schlepphorst, S.; Welter, F.; Holz, M. (2022): Die gesellschaftliche Wertschöpfung des Mittelstands: IfM-Materialien.
- Schmitt, J.; Offermann, F.; Söder, M.; Fröhlich, C.; Finger, R. (2022): Extreme Weather Events Cause Significant Crop Yield Losses at the Farm Level in German Agriculture. *Food Policy*. 112. 102359.

- Schweitzer, F.; Rau, C.; Gassmann, O.; van den Hende, E. (2015): Technologically Reflective Individuals as Enablers of Social Innovation. *Journal of Product Innovation Management*. 32(6). S. 847–860.
- Seger, E.; Dreksler, N.; Moulange, R.; Dardaman, E.; Schuett, J.; Wei, K.; Winter, C.; Arnold, M.; Ó hÉigeartaigh, S.; Korinek, A.; Anderljung, M.; Bucknall, B.; Chan, A.; Stafford, E.; Koessler, L.; Ovadya, A.; Garfinkel, B.; Bluemke, E.; Aird, M.; Levermore, P.; Hazell, J.; Gupta, A. (2023). Open-Sourcing Highly Capable Foundation Models: An Evaluation of Risks, Benefits, and Alternative Methods for Pursuing Open-Source Objectives. *arXiv preprint arXiv:2311.09227*.
- Sengers, F.; Turnheim, B.; Berkhout, F. (2021): Beyond experiments. Embedding Outcomes in Climate Governance. *Environment and Planning C: Politics and Space*. 39(6). S. 1148–1171.
- Siqueira, A. C. O.; Guenster, N.; Vanacker, T.; Crucke, S. (2018): A Longitudinal Comparison of Capital Structure between Young For-Profit Social and Commercial Enterprises. *Journal of Business Venturing*. 33(2). S. 225–240.
- Snellman, K.; Solal, I. (2023): Does Investor Gender Matter for the Success of Female Entrepreneurs? Gender Homophily and the Stigma of Incompetence in Entrepreneurial Finance. *Organization Science*. 34(2). S. 680–699.
- Spök, A.; Sprink, T.; Allan, A. C.; Yamaguchi, T.; Dayé, C. (2022): Towards Social Acceptability of Genome-Edited Plants in Industrialised Countries? Emerging Evidence from Europe, United States, Canada, Australia, New Zealand, and Japan. *Frontiers in genome editing*. 4. 899331.
- SPRIND – Bundesagentur für Sprunginnovationen (2022): Gesucht: Koalition der Willigen in Politik, Forschungseinrichtungen und Hochschulen für einen IP-Transfer 3.0. Leipzig: SPRIND.
- SPRIND – Agentur für Sprunginnovationen (2023): Neue Wege im IP-Transfer an deutschen Wissenschaftseinrichtungen. Policy Paper. 11/23. Berlin: SPRIND.
- Stephan, U.; Uhlener, L. M.; Stride, C. (2015): Institutions and Social Entrepreneurship. The Role of Institutional Voids, Institutional Support, and Institutional Configurations. *Journal of International Business Studies*. 46. S. 308–331.
- Stitteneder, T. (2023): Die ökologische und soziale Transformation. Mit Sozialunternehmen auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft. *ifo Schnelldienst*. 76(07). S. 44–50.
- Stolper, W. F. (1991): The Theoretical Bases of Economic Policy. The Schumpeterian Perspective. *Journal of Evolutionary Economics*. 1(3). S. 189–205.
- Strambach, S.; Thurmann, J. (2021): Indikatorik Soziale Innovationen: Resonanzanalyse als Frühindikatorik.
- SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2023): Wachstumsschwäche überwinden – in die Zukunft investieren. *Jahresgutachten 2023/24*. Wiesbaden: SVR.
- Terstriep, J.; Kleverbeck, M.; Deserti, A.; Rizzo, F. (2015): Comparative Report on Social Innovation across Europe. Deliverable D3. 2. S. 201–212.
- Terstriep, J.; Wloka, L.; Geme, Y.; Rico Palacios, J. S. (2020): Indikatorik Soziale Innovationen: Ergebnisse der Messung organisationaler Innovativität. Gelsenkirchen: Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Institut Arbeit und Technik.
- The Economist Intelligence Unit (2016): Social Innovation Index. Old Problems, New Solutions: Measuring the Capacity for Social Innovation across the World.
- Thistlethwaite, D. L.; Campbell, D. T. (1960): Regression-Discontinuity Analysis. An Alternative to the Ex Post Facto Experiment. *Journal of Educational Psychology*. 51(6). S. 309–317.
- Touvron, H.; Lavril, T.; Izacard, G.; Martinet, X.; Lachaux, M.-A.; Lacroix, T.; Rozière, B.; Goyal, N.; Hambro, E.; Azhar, F.; Rodriguez, A.; Joulin, A.; Grave, E.; Lample, G. (2023): LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models. *arXiv preprint arXiv:2302.13971*.
- UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (2021): Klima und Biodiversität. *Kurzfassung Workshop-Bericht IPCC und IPBES*. Leipzig: UFZ.
- UNEP – Umweltprogramm der Vereinten Nationen (2015): Sustainable Development Goals in UN Environment. New York: UNEP.
- UNFPA – United Nations Population Fund (2023): State of World Population 2023. 8 Billion Lives, Infinite Possibilities: The Case for Rights and Choices. New York: UNFPA.
- Unterberg, M.; Richter, D.; Spiess-Knafl, W.; Sänger, R.; Förster, N.; Jahnke, T. (2015): Herausforderungen bei der Gründung und Skalierung von Sozialunternehmen. Welche Rahmenbedingungen benötigen Social Entrepreneurs. Studie von Evers & Jung GmbH, iq consult, ism und Zeppelin Universität im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Hamburg: evers & jung GmbH.
- van der Have, R. P.; Rubalcaba, L. (2016): Social Innovation Research. An Emerging Area of Innovation Studies? *Research Policy*. 45(9). S. 1923–1935.
- Valt, E. (2020): How Much Can We Generalize From Impact Evaluations? *Journal of the European Economic Association*. 18(6). S. 3045–3089.
- Voegtlin, C.; Scherer, A. G.; Stahl, G. K.; Hawn, O. (2022): Grand Societal Challenges and Responsible Innovation. *Journal of Management Studies*. 59(1). S. 1–28.
- Walter, A.; Finger, R.; Huber, R.; Buchmann, N. (2017): Opinion. Smart Farming is Key to Developing Sustainable Agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 114(24). S. 6148–6150.
- Warta, K.; Geyer, A.; Gorraiz, J. (2017): Evaluation des Programms Alexander von Humboldt-Professur – Internationaler Preis für Forschung in Deutschland. *Endbericht*. Wien: Technopolis Group.
- Weber, M.; Giesecke, S.; Havas, A.; Scharfetter, D.; Albiez, A.; Horak, S.; Blind, K.; Bodenheimer, M.; Daimer, S.; Shi, L.; Stadler, M.; Schmitz, D. (2024): Social Innovation – (Accompanying) Instrument for Addressing Societal Challenges? *Studien zum deutschen Innovationssystem*. Nr. 10-2024. Berlin: EFI
- Wegener, J. K.; Hörsten, D. von; Urso, L.-M. (2018): Mit Spot Farming zur nachhaltigen Intensivierung in der Pflanzenproduktion. H. Nordmeyer, & L. Ulber (Hrsg.). 28. S. 19–23.
- Weiss, M.; Jacob, F.; Duveiller, G. (2020): Remote Sensing for Agricultural Applications. A meta-review. *Remote Sensing of Environment*. 236(5). S. 111402.
- Widder, D. G.; West, S.; Whittaker, M. (2023): Open (For Business). Big Tech, Concentrated Power, and the Political Economy of Open AI. *SSRN Electronic Journal*.
- Wilkinson, C.; Medhurst, J.; Henry, N.; Wihlborg, M.; Braithwaite, B. W. (2014): Ein Überblick über Sozialunternehmen und ihre Ökosysteme in Europa. *Zusammenfassung*. Europäische Kommission: Brüssel.
- WIPO – World Intellectual Property Organization (2013): Special Section. The International Mobility of Inventors. *Genf: WIPO*.
- Wissenschaftliche Dienste (2021): Darstellung der Besteuerungssysteme für Pflanzenschutzmittel in Dänemark und Frankreich. Berlin: Deutscher Bundestag.
- Wuchty, S.; Jones, B. F.; Uzzi, B. (2007): The Increasing Dominance of Teams in Production of Knowledge. *Science*. 316(5827). S. 1036–1039.

- Yahyaoui, Y.; Jakob, E.A.; Steinmetz, H.; Wehner, M.C.; Isidor, R.; Kabst, R. (2023): The Equivocal Image of Young Social Enterprises—How Self-Versus Other-Oriented Values Influence External Perceptions. *Nonprofit Management and Leadership*. 33(4). S. 755–781.
- Zhai, Z.; Martínez, J.F.; Beltran, V.; Martínez, N.L. (2020): Decision Support Systems for Agriculture 4.0. Survey and Challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*. 170(7). S. 105256.
- Zhao, X.; Akbaritabar, A.; Kashyap, R.; Zaghieni, E. (2023): A Gender Perspective on the Global Migration of Scholars. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 120(10). e2214664120.
- Zyontz, S. (2024): Mapping CRISPR Research, Innovation, and Diffusion Activities in Agriculture – Cross-national. *Studien zum deutschen Innovationssystem*. Nr. 7-2024. Berlin: EFI.

C 6 Endnotenverzeichnis

A 0

- 1 Vgl. Die Bundesregierung (2023d).
- 2 Der KTF stellt eines der zentralen Budgets für die nachhaltigkeitsorientierten Transformationen dar, die nun gefährdet erscheinen.
- 3 Vgl. EFI (2021) und EFI (2023).
- 4 Die Nachhaltigkeitsstrategie wurde im Jahr 2021 verabschiedet, die Transformationsteams wurden im Jahr 2022 eingerichtet. Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/erreichung-der-17-globalen-nachhaltigkeitsziele-wichtiger-denn-je-einrichtung-von-transformationsteams-beschlossen-2125282> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 5 Vgl. EFI (2023).
- 6 Vgl. Stolper (1991).
- 7 Vgl. EFI (2021).
- 8 Vgl. EFI (2019).
- 9 Vgl. EFI (2023).
- 10 Vgl. EFI (2021).

A 1

- 11 Veröffentlichung der Zukunftsstrategie im Februar 2023. Vgl. Die Bundesregierung (2023d).
- 12 Vgl. Die Bundesregierung (2023d).
- 13 Das Forum #Zukunftsstrategie umfasst 21 Mitglieder aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft und nahm im September 2023 seine Arbeit auf. Vgl. BMBF (2023c).
- 14 Vgl. BMBF (2023c).
- 15 „Auf der Strategieebene verfolgt die Governance der Zukunftsstrategie einen offenen und reflexiven Ansatz. Die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation ist eine Dachstrategie, die Ziele, Prioritäten und Meilensteine der Forschungs- und Innovationspolitik der Bundesregierung bündelt. Im Austausch der Ressorts werden bei der Umsetzung der Zukunftsstrategie zugleich laufende Aktivitäten integriert und neue Vorhaben angestoßen. Sie legt gemäß Koalitionsvertrag ein besonderes Augenmerk auf die Messbarkeit ihrer Ergebnisse an möglichst international vergleichbaren Zielkriterien. Im Sinne einer „lernenden Strategie“ soll die

anspruchsvolle Indikatorik der Zukunftsstrategie während der Umsetzung kontinuierlich weiterentwickelt und an neue Erfordernisse angepasst werden. Vgl. Die Bundesregierung (2023d: 15).

- 16 Neben den sechs Transformationssteams, die den sechs Transformationsbereichen zugeordnet sind, wurde noch ein zusätzliches Team für internationale Fragen der Transformation eingerichtet. Vgl. Die Bundesregierung (2022) sowie <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/staatssekretarsausschuss-2154374> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 17 Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/steuerung-nachhaltigkeitsstrategie-419776> (letzter Abruf am 15. Januar 2024) sowie Deutscher Bundestag (2023b).
- 18 Transformationsbereiche der Nachhaltigkeitsstrategie: (1) Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten, soziale Gerechtigkeit; (2) Energiewende und Klimaschutz; (3) Kreislaufwirtschaft; (4) Nachhaltiges Bauen und Verkehrswende; (5) Nachhaltige Agrar- und Ernährungssysteme; (6) Schadstofffreie Umwelt. Zusätzliches Thema: Internationale Verantwortung und Zusammenarbeit als Hebel für Transformation. Vgl. Deutscher Bundestag (2023b) <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/grundsatzbeschluss-deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2145820#:~:text=Die%20Transformationsteams%20beziehen%20sich%20auf,und%20Verkehrswende%3B%20nachhaltige%20Agrar%2D%20und> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
Missionen der Zukunftsstrategie: (1) Ressourceneffiziente und auf kreislauffähiges Wirtschaften ausgelegte wettbewerbsfähige Industrie und nachhaltige Mobilität ermöglichen; (2) Klimaschutz, Klimaanpassung, Ernährungssicherheit und Bewahrung der Biodiversität voranbringen; (3) Gesundheit für alle verbessern; (4) Digitale und technologische Souveränität Deutschlands und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen; (5) Raumfahrt stärken, Weltraum und Meere erforschen, schützen und nachhaltig nutzen; (6) Gesellschaftliche Resilienz, Vielfalt und Zusammenhalt stärken. Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/missionen-der-zukunftsstrategie-2145820#:~:text=Die%20Missionen%20der%20Zukunftsstrategie%20sind%20die%20Folgenden%3A%20%281%29%20Ressourceneffiziente%20und%20auf%20kreislauff%C3%A4higes%20Wirtschaften%20ausgelegte%20wettbewerbsf%C3%A4hige%20Industrie%20und%20nachhaltige%20Mobilit%C3%A4t%20erm%C3%B6glichen%3B%20%282%29%20Klimaschutz%2C%20Klimaanpassung%2C%20Ern%C3%A4hrungssicherheit%20und%20Bewahrung%20der%20Biodiversit%C3%A4t%20voranbringen%3B%20%283%29%20Gesundheit%20f%C3%BCr%20alle%20verbessern%3B%20%284%29%20Digitale%20und%20technologischer%20Souver%C3%A4nit%C3%A4t%20Deutschlands%20und%20Europas%20sichern%20und%20Potenziale%20der%20Digitalisierung%20nutzen%3B%20%285%29%20Raumfahrt%20st%C3%A4rken%2C%20Weltraum%20und%20Meere%20erforschen%2C%20sch%C3%BCtzen%20und%20nachhaltig%20nutzen%3B%20%286%29%20Gesellschaftliche%20Resilienz%2C%20Vielfalt%20und%20Zusammenhalt%20st%C3%A4rken.>

- bmbf.de/bmbf/de/forschung/zukunftsstrategie/zukunftsstrategie_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 19 Die Erreichung der in der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation dargestellten Ziele liegen entsprechend in der Verantwortung der jeweils zuständigen Ressorts, die die Ziele durch entsprechende Maßnahmen im Rahmen der geltenden Haushalts- und Finanzplanungsansätze finanzieren. Vgl. Deutscher Bundestag (2023a).
Alle sich aus der Strategie ergebenden Maßnahmen erfolgen im Rahmen der verfassungsmäßigen Zuständigkeiten und stehen unter Finanzierungsvorbehalt. Soweit konkrete Maßnahmen oder daran anknüpfende zukünftige Maßnahmen zu Ausgaben im Bundeshaushalt führen, stehen sie unter dem Vorbehalt verfügbarer Haushaltsmittel bzw. Planstellen/Stellen und präjudizieren keine laufenden oder künftigen Haushaltsverhandlungen. Vgl. Die Bundesregierung (2023d).
- 20 Vgl. Die Bundesregierung (2023d).
- 21 DATI: Mit dem Projekt DATIpilot wurde im Juli 2023 ein Experimentierraum geschaffen, der als Erfahrungs- und Ideenspeicher für die Konzeption der geplanten Deutschen Agentur für Transfer und Innovation dienen soll. Vgl. https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/datipilot/datipilot_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
SPRIND: Das Projekt „Energieeffizientes KI-System“ wurde im März 2019 als Pilotinnovationswettbewerb ausgeschrieben. Die Gründung der SPRIND erfolgte im Dezember 2019. Vgl. BMBF (2021b).
- 22 Vgl. Die Bundesregierung (2023: 4 f.).
- 23 In ihrem Paket für Bürokratierleichterungen hat die damalige Bundesregierung am 13. April 2021 beschlossen, in Zukunft für jedes Gesetz zu prüfen, ob durch die Aufnahme einer Experimentierklausel Reallabore ermöglicht werden können. Gleichwohl hat der Beschluss zum Experimentierklausel-Check bislang keine verbindliche Wirkung. Vgl. BMWK (2023a: 8).
- 24 Vgl. Bertschek et al. (2023c).
- 25 Vgl. BMWK (2023b).
- 26 Zum aktuellen Stand siehe <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 27 Vgl. Deutscher Bundestag (2023c).
- 28 Vgl. Harhoff et al. (2018).
- 29 Vgl. Azoulay et al. (2018).
- 30 Vgl. Deutscher Bundestag (2023c).
- 31 Vgl. Deutscher Bundestag (2023c).
- 32 Vgl. Bertschek et al. (2023a).
- 33 Vgl. Netzwerk der Projektträger (2023).
- 34 Vgl. Bertschek et al. (2023b) sowie EFI (2023).
- 35 Vgl. BMBF (2023b).
- 36 Vgl. https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/datipilot/datipilot_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 37 Vgl. <https://table.media/professional-briefing/dati-60-millionen-mehr-gwk-laender-zahlen-bei-haw-foerderung-mit-offensive-der-ua11/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 38 Vgl. BMBF (2023b).
- 39 Vgl. https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/datipilot/datipilot_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 40 Vgl. Bertschek et al. (2022).
- 41 Vgl. Deutscher Bundestag (2023d).
- 42 Das Wachstumschancengesetz wurde im November 2023 vom Bundesrat an den Vermittlungsausschuss überwiesen. Vgl. <https://www.vermittlungsausschuss.de/VA/DE/homepage/homepage-node.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 43 Wie die Ausweitung der Forschungszulage auf Sachkosten ausgestaltet werden soll, ist noch offen. Vgl. <https://www.zew.de/presse/pressearchiv/forschungszulage-ist-gewinn-fuer-den-innovationsstandort-deutschland> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 44 Die Erhöhung kann von Unternehmen beantragt werden, die unter die KMU-Definition der EU fallen. Vgl. Europäische Kommission (2014).
- 45 Vgl. Deutscher Bundestag (2023d).
- 46 Vgl. Deutscher Bundestag (2023d).
- 47 Vgl. BMWi (2020) sowie <https://www.bescheinigung-forschungszulage.de/forschungszulage> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 48 Die Forschungszulage soll spätestens 2025 auf wissenschaftlicher Grundlage evaluiert werden. Vgl. FZulG: § 17, Abs. 1.
- 49 Vgl. DIHK (2022), Finger et al. (2023), Rammer (2023b) und Rammer (2023c).
- 50 2020: ca. 600 Anträge (Antragstellung war erst ab September 2020 möglich); 2021 ca. 4.500 Anträge; 2022: ca. 6.600 Anträge. Vgl. Finger et al. (2023: 7).
- 51 Die Daten der Bescheinigungsstelle belegen, dass jährlich zwischen einem Viertel und einem Fünftel aller Anträge nicht bewilligt werden. Vgl. Finger et al. (2023: 9) sowie Rammer (2023c: 4).
- 52 47 Prozent der Nutzer der Forschungszulage (Stand Mitte 2022) haben zuvor keine direkte FuE-Förderung erhalten (2019-2022). Vgl. Rammer (2023c: 5).
- 53 So wussten 2021 lediglich 57 Prozent der Unternehmen mit bis zu 249 Beschäftigten von der Existenz

- der Forschungszulage, bei den Unternehmen mit 250 bis 499 Beschäftigten waren es 74 Prozent und bei den Unternehmen mit 500 und mehr Beschäftigten 81 Prozent. Vgl. Finger et al. (2023: 4 f.).
- 54 Vgl. Finger et al. (2023: 7 f.).
- 55 Vgl. Finger et al. (2023) und DIHK (2022).
- 56 KMU verfügen oftmals nicht über spezialisiertes Personal zur Fördermittelakquise. Eine praxisnahe Definition der FuE-Begriffe und eine aktive Unterstützung durch die Förderberatung Forschung und Innovation des Bundes oder die Bescheinigungsstelle Forschungszulage könnte Unternehmen helfen, die keine oder wenig Fördererfahrung haben. Vgl. <https://table.media/research/analyse/forschungszulage-versprochene-foerdermilliarden-verpuffen/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024), DIHK (2022) und Rammer (2023b).
- 57 Das Modell der französischen Forschungszulage (Crédit d'Impôt Recherche) mit seinem einstufigen Beantragungsverfahren kann als Vorbild für eine Vereinfachung des Antragsverfahrens der Forschungszulage dienen. Vgl. Barbu et al. (2021).
- 58 Vgl. <https://www.e-fi.de/dashboard/innovationsverhalten/innovatorenquote> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 59 Vgl. EFI (2019).
- 60 In Deutschland gelingt es Forschungseinrichtungen und Hochschulen bisher nur in absoluten Ausnahmefällen, ihre Transfereinrichtungen kostendeckend zu betreiben. Selbst in den USA ist die Zahl der kostendeckend arbeitenden Transferstellen auf einige wenige große Universitäten begrenzt.
- 61 Vgl. SPRIND (2022).
- 62 Die Neufassung der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung (AGVO) vom März 2023 erlaubt – „zusätzlich zu den nach Art und Höhe begrenzten Anlaufbeihilfen – auch Beihilfen für Unternehmensneugründungen in Form einer Übertragung von geistigem Eigentum oder der Einräumung der damit verbundenen Zugangsrechte zu günstigen Konditionen. Eine Wissenschaftseinrichtung kann diese Übertragung oder Rechteinräumung unentgeltlich oder unter dem Marktwert liegend vornehmen, wenn dadurch ein neues Produkt oder eine neue Dienstleistung auf den Markt gebracht wird. Die auf den Marktpreis des IP bezogene Beihilfe darf 1 Mio. EUR nicht überschreiten.“ Vgl. SPRIND (2023).
- 63 Vgl. SPRIND (2022: 3) sowie BAND (2022).
- 64 Vgl. SPRIND (2022: 3).
- 65 Vgl. https://www.tu-darmstadt.de/universitaet/aktuelles_meldungen/archiv_2/2022/2022quartal1/news_archiv_de_352512.de.jsp sowie www.businessinsider.de/gruenderszene/business/wissen-gegen-anteile-ip-for-shares/ (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 66 Vgl. SPRIND (2023) sowie SPRIND (2022).
- 67 Siehe hierzu auch EFI (2019).
- 68 Vgl. https://www.sprind.org/de/artikel/ip_transfer_werkzeug/ (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 69 Vgl. https://www.sprind.org/de/artikel/ip_transfer_werkzeug/ (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 70 Vgl. <https://www.darpa.mil/about-us/budget-and-finance> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 71 Die DARPA gilt als Vorbild der 2019 gegründeten Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) und der Agentur für Innovation in der Cybersicherheit. Anders als die DARPA agiert die SPRIND allerdings nicht im Auftrag des Verteidigungsministeriums bzw. der Bundeswehr und fördert ausschließlich zivile Forschungsprojekte.
- 72 Vgl. Moretti et al. (2019).
- 73 Einschränkung ist festzuhalten, dass die Förderung durch die DARPA auch privatwirtschaftliche FuE-Projekte einbezieht, um deren Entwicklungen im Sinne des Dual-Use-Ansatzes im Militärssektor zu nutzen. Vgl. Pallante et al. (2023).
- 74 Vgl. <https://www.cyberagentur.de/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 75 Vgl. EFI (2023: 31).
- 76 Das vorliegende Kapitel basiert auf einem unveröffentlichten Papier des Vorsitzenden der Expertenkommission, Prof. Uwe Cantner, vom 30. September 2023. Das Papier entstand im Nachgang zu einem Vortrag im BMBF mit dem Titel: Verhältnis von ziviler und militärischer Forschung – Optionen für Deutschland.
- 77 Dabei hängt der Markterfolg eines Standards wesentlich von der Qualität der im Standard einbezogenen Technologien sowie von seiner breiten Implementierung ab. Vgl. Conde Gallego et al. (2015).
- 78 Vgl. DIN (2019).
- 79 Vgl. LexisNexis (2023).
- 80 Vgl. DIN (2019) sowie https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2454 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 81 Verstärkt wird das Problem, wenn für einen einzelnen Standard eine enorm hohe Zahl – oft mehrere Tausend – deklariert wurden, die sich noch dazu in den Händen unterschiedlicher Rechteinhaber befinden. Vgl. Conde Gallego et al. (2015).
- 82 Vgl. Europäische Kommission (2023b).
- 83 Vgl. Conde Gallego et al. (2015).
- 84 Vgl. Europäische Kommission (2023b).
- 85 Vgl. Europäische Kommission (2023b).

- 86 Vgl. Europäische Kommission (2023c).
- 87 Vgl. Europäische Kommission (2023b).
- 88 Vgl. Europäische Kommission (2023b).
- 89 Vgl. Europäische Kommission und Joint Research Centre (2020).
- 90 Vgl. EFI (2022: Kapitel B 3 und B 4) sowie EFI (2023: Kapitel A).
- 91 Siehe Roadmap auf Seite 37 https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/nationale-daten-strategie.pdf?__blob=publicationFile (letzter Abruf am 15 Januar 2024).
- 92 Vgl. SVR (2023: Kapitel 6), RatSWD (2023) und RfII (2023).

A2

- 93 Die Alfred-Nobel-Gedächtnispreise für Wirtschaftswissenschaften wurden in den Jahren 2019 und 2021 für Beiträge zur Entwicklung experimenteller bzw. quasi-experimenteller Verfahren der Kausalanalyse verliehen. Vgl. <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-prizes-in-economic-sciences/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 94 Vgl. z. B. EFI (2012: Kapitel A 7), EFI (2013: Kapitel A 6), EFI (2014: Kapitel A 2) und EFI (2017: Kapitel B 5-3).
- 95 Vgl. BMWi (2013). Im Jahr 2019 hat der Beirat seine Anforderungen bekräftigt und konkrete Vorschläge zu ihrer institutionellen Umsetzung gemacht. Dazu gehören die Schaffung einer Evaluierungskompetenzstelle, der ressortübergreifende Austausch, Vorgaben zu Ablauf und Kriterien von Evaluationen und die Sicherung der Datenverfügbarkeit. Vgl. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Wissenschaftlicher-Beirat/briefmoderne-wirtschaftspolitik-braucht-evaluierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 96 Vgl. z. B. Benus et al. (2009), <https://www.nesta.org.uk/project/innovation-growth-lab/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024) und andere.
- 97 Vgl. EFI (EFI (2013: 41).
- 98 Somit könnte auch Bedenken des Bundesrechnungshofs im Hinblick auf die Randomisierung Rechnung getragen werden. Vgl. https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Berichte/2022/bemerkungen/bemerkung-06.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 99 Dabei kann der Kreis der Antragstellerinnen und Antragsteller für eine Fördermaßnahme beispielsweise in drei Gruppen eingeteilt werden – eine erste Gruppe mit sehr hoher Eignung, eine mittlere Gruppe, die ebenfalls förderfähig ist, und eine dritte Gruppe, die nicht förderfähig ist. Die sehr guten Antragstellerinnen und Antragsteller werden alle gefördert. Die mittlere Gruppe der ebenfalls Förderfähigen eignet sich für eine randomisierte Auswahl. Die nicht förderfähige Gruppe erhält keine Förderung. Bei zeitlich versetzter Einführung von Maßnahmen kann für die Kausalanalyse auch die Reihenfolge der Förderung randomisiert werden. Vgl. EFI (2013: 45).
- 100 Ein Teil der abgeschlossenen Evaluationsstudien ist nur als Kurzfassung oder gar nicht öffentlich zugänglich.
- 101 Zu den quasi-experimentellen Methoden gehören u. a. Differenzen-in-Differenzen-Schätzer, Regressions-Diskontinuitätsverfahren oder der Vergleich von Einheiten, die von einer Intervention erfasst wurden, mit einer synthetischen Kontrollgruppe. Vgl. für klassische Arbeiten z. B. Thistlethwaite und Campbell (1960), Card und Krueger (1994) sowie Abadie et al. (2010) und für Überblicksartikel z. B. Imbens und Wooldridge (2009), Lee und Lemieux (2010) sowie Abadie (2021).
- 102 Matching-Verfahren gehören zu den Balancing-Verfahren, mit denen die beobachtbaren Eigenschaften der Beobachtungseinheiten in der Treatment- und in der Kontrollgruppe aneinander angeglichen werden, um den Effekt der Maßnahmenteilnahme besser abschätzen zu können.
- 103 Vgl. Büchele et al. (2024).
- 104 Als evaluierende Akteure treten verschiedene Typen von Organisationen auf. Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (AUF) sind an rund 30 Prozent aller Evaluationen beteiligt, private Unternehmen an 75 Prozent, Hochschulen an 13 Prozent und Behörden an 9 Prozent. AUF sind bei jüngeren, d. h. im Jahr 2019 und später erstellten Evaluationsstudien, häufiger beteiligt als bei älteren Studien (35 gegenüber 23 Prozent). Dies gilt auch für private Unternehmen (83 gegenüber 64 Prozent). Dagegen waren Behörden seltener in die Erstellung der jüngeren Evaluationsstudien involviert als in die älteren (2 gegenüber 18 Prozent). Der Anteil der Studien, die im Rahmen von Kooperationen unterschiedlicher Typen von Organisationen entstanden sind, beträgt insgesamt 30 Prozent und liegt bei den jüngeren Studien höher als bei den älteren (35 gegenüber 24 Prozent).
- 105 Hierbei zeigen sich kaum Unterschiede zwischen Studien, die auf verschiedenen methodischen Ansätzen beruhen, oder zwischen älteren (vor 2019) und jüngeren (seit 2019) Studien.

- 106 Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund des sogenannten Publication Bias auch in der wissenschaftlichen Literatur tendenziell eher mit einer Verzerrung zugunsten positiver Evaluationsergebnisse zu rechnen ist. Vgl. z. B. Vivaldi (2020) oder DellaVigna und Linos (2022).
- 107 In den letzten Jahren ist der Anteil der Evaluationsstudien, die auf einer für Kausalanalysen geeigneten Methodik beruhen, gestiegen. Bei den betrachteten Evaluationsstudien, die 2018 und früher erstellt wurden, beträgt er 12 Prozent, bei den jüngeren Studien hingegen 21 Prozent. Gestiegen ist allerdings auch der Anteil der Evaluationsstudien, in denen Ergebnisse kausal interpretiert werden, obwohl die zugrunde liegende Methodik dies nicht zulässt (47 gegenüber 60 Prozent). Vgl. Büchele et al. (2024).
- 108 Vgl. EFI (2014: 28 f.).
- 109 Vgl. EFI (2014: 29).
- 110 Dazu können beispielsweise synthetische Kontrollgruppen zu den betroffenen Einheiten gebildet werden, um deren Entwicklung – ggf. auch im internationalen Vergleich – zu analysieren.
- 111 Vgl. EFI (2014: 29)
- 112 Vgl. EFI (2014: 29).
- 113 Vgl. EFI (2014: 29).
- 114 Vgl. EFI (2017: 27).
- B 1**
- 115 Vgl. Finger (2023).
- 116 Zudem ist auch ein Wandel des Anbausystems und damit einhergehend der Anbaupraxis erforderlich. Dieses Gutachten fokussiert sich jedoch auf die Transformation durch Agrartechnologien.
- 117 Abgesehen vom SDG, Hunger zu beseitigen, sprechen auch weitere SDGs wie „Leben an Land“ die Transformation der Landwirtschaft an. Vgl. UNEP (2015), Herrero et al. (2021), <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit/nachhaltigkeitsziele-sdgs/sdg-2-kein-hunger> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Darüber hinaus sind in weiteren nationalen und europäischen Strategien Ziele für eine nachhaltigere Landwirtschaft festgehalten, so z. B. im Europäischen Green Deal, der Farm-to-Fork-Strategie oder auf nationaler Ebene im deutschen GAP-Strategieplan, der Ackerbaustrategie 2035 oder der Strategie zum ökologischen Landbau. Vgl. BMEL (2022a), BMEL (2021), https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/from-farm-to-fork/> (letzter Abruf am 15. Januar).
- 118 Vgl. FAO (2022), Hartung et al. (2024).
- 119 Vgl. UNFPA (2023).
- 120 Vgl. DWD (2022a), DWD (2022b).
- 121 Vgl. BMEL (2022b), Geppert et al. (2024), Hartung et al. (2024).
- 122 So reagieren beispielsweise Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben während der Wachstumsphase empfindlich auf Trockenheit, was zu Ertragseinbußen führt. Vgl. Geppert et al. (2024), Hartung et al. (2024).
- 123 Vgl. Geppert et al. (2024), Hartung et al. (2024).
- 124 Vgl. Geppert et al. (2024), Schmitt et al. (2022), Jägermeyr et al. (2021), Hirschfeld et al. (2021), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-landwirtschaft#weitere-klimawirkungen> (letzter Abruf am 15. Januar).
- 125 Insbesondere bei den Pflanzenarten ist eine Verschiebung der Verteilung hin zu Pflanzen zu beobachten, die positiv auf Stickstoffeinträge reagieren und andere, langsamer wachsende Arten verdrängen. Vgl. Hallmann et al. (2017).
- 126 Beispiele sind die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen durch Insekten, der Auf- und Abbau von Biomasse und die natürliche Schädlingsbekämpfung. Vgl. Geppert et al. (2024).
- 127 Gesunde Ökosysteme und eine reiche Biodiversität sind die Grundlage dafür, dass in der Umwelt Treibhausgase gespeichert werden können, wodurch sie zur Abschwächung des Klimawandels beitragen können. Vgl. Geppert et al. (2024), Hartung et al. (2024), UFZ (2021), <https://bmz.de/de/themen/biodiversitaet/klimaschutz> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 128 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/extremereignisseklimawandel/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser>, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/10/PD23_414_32311.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 129 Vgl. BMUV (2023), <https://correctiv.org/aktuelles/klimawandel/2022/10/25/klimawandel-grundwasser-in-deutschland-sinkt/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 130 Vgl. Finger (2023).
- 131 Vgl. Destatis (2023), https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_LWWertschoepfung.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 132 Die Hälfte der Arbeitskräfte arbeitete in Einzelunternehmen mit familiären Strukturen; die

- andere Hälfte setzte sich zu gleichen Teilen aus familienfremden Dauerbeschäftigten und Saisonarbeitskräften zusammen. Vgl. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/_inhalt.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 133 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/umweltatlas/umwelt-landwirtschaft/einfuehrung/landwirtschaft-in-deutschland/wie-viele-menschen-arbeiten-in-der-landwirtschaft>, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/01/PD21_001_13321.html (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 134 Vgl. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftszaehlung2020/_inhalt.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 135 Den größten Anteil an den landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen haben Methan und Lachgas. 76,7 Prozent der Methanemissionen und 77,5 Prozent der Lachgasemissionen in Deutschland stammen aus der Landwirtschaft. Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 136 Für die sogenannte zweite Säule stehen Mittel in Höhe von 11,95 Milliarden Euro zur Verfügung, die für die Entwicklung des ländlichen Raums genutzt werden. In der zweiten Säule der GAP werden u. a. flächenbezogene Fördermaßnahmen zum Klimaschutz, Bodenschutz und zur Wasserqualität sowie Projekte zur Unterstützung des Strukturwandels und der Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft finanziert. Vgl. BMEL (2022a).
- 137 So können z. B. Sensoren Informationen empfangen und weiterleiten, die dann von Analysetools ausgewertet werden, um Maschinen zu steuern.
- 138 Vgl. Kliem et al. (2023).
- 139 Vgl. Finger (2023).
- 140 In Ackerschlagkarteien werden Daten zu landwirtschaftlichen Flächen eines Betriebes erfasst und mit Daten aus durchgeführten Maßnahmen zusammengeführt. Der spezifische Bedarf von Pflanzen und heterogene Anbauverhältnisse können so bei weiteren landwirtschaftlichen Maßnahmen berücksichtigt werden. Vgl. Kehl et al. (2021b).
- 141 Vgl. Kliem et al. (2023).
- 142 Vgl. Kliem et al. (2023).
- 143 Kehl et al. (2021b) und Walter et al. (2017) schlagen eine weit gefasste Definition von Smart Farming vor, die auch Märkte und Politikmaßnahmen einbezieht.
- 144 Vgl. Kehl et al. (2021b).
- 145 Vgl. Kliem et al. (2023).
- 146 Vgl. Kehl et al. (2021b).
- 147 Vgl. Kehl et al. (2021b).
- 148 Mittels Fernerkundung können z. B. via Satelliten oder Drohnen Informationen zu Feldern erfasst werden, die dann wiederum für die Durchführung von Maßnahmen umgesetzt werden. Vgl. Khanal et al. (2020), Weiss et al. (2020).
- 149 Vgl. Kehl et al. (2021a).
- 150 Z. B. in der Jungwildrettung und im Bestandsmonitoring. Vgl. Bitkom Research (2022).
- 151 Vgl. Kehl et al. (2021a).
- 152 Vgl. Saiz-Rubio und Rovira-Más (2020), Fountas et al. (2015).
- 153 Vgl. Zhai et al. (2020), Saiz-Rubio und Rovira-Más (2020), Fountas et al. (2015).
- 154 Die Befragung erfolgte in Form einer Online-Umfrage, zu der Unternehmen und andere Akteure u. a. auf Basis von Kontaktlisten des ZALF und des ZEW Mannheim eingeladen wurden. An der Befragung haben insgesamt 168 Personen aus landwirtschaftlichen Betrieben und Lohnunternehmen (71 Teilnehmende), Verbänden und Nichtregierungsorganisationen (13), Politik und Verwaltung (17) sowie Forschung und Industrie (67) teilgenommen. Darüber hinaus haben einige der teilnehmenden Verbände den Link zur Online-Befragung an ihre Mitglieder weitergegeben. Aufgrund dieses Befragungsdesigns kann keine genaue Rücklaufquote der Gesamtbefragung berechnet werden. Bezogen auf die landwirtschaftlichen Betriebe kann jedoch von einer Rücklaufquote von unter 2 Prozent ausgegangen werden, da über 4.000 Betriebe zur Teilnahme eingeladen wurden. Daher sind Verzerrungen möglich, wenn beispielsweise vor allem Personen oder Betriebe an der Befragung teilnahmen, die sich zuvor bereits intensiver mit dem Thema Digitalisierung in der Landwirtschaft auseinandergesetzt haben.
- 155 Insgesamt 82 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe nutzen derzeit mindestens eine der angegebenen digitalen und smarten Technologien. Damit stehen die Ergebnisse dieser Befragung im Einklang mit einer Bitkom-Research-Umfrage von 500 landwirtschaftlichen Betrieben aus dem Jahr 2022, bei der der repräsentativ hochgerechnete Anteil der Landwirte und Landwirtinnen mit digitalen Technologien bei 79 Prozent lag. Vgl. Bitkom Research (2020), Bitkom Research (2022).

- 156 So geben 38,2 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe an, dass eine instabile Internetverbindung ein (sehr) großes Hemmnis für die Nutzung digitaler und smarter Technologien darstellt. Bei den übrigen Befragten liegt dieser Anteil bei 83,7 Prozent.
- 157 Vgl. https://www.bmel.de/SharedDocs/Praxisbericht/DE/experimentierfelder/karte-experimentierfelder/karte_experimentierfelder_table.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 158 Vgl. Kliem et al. (2023).
- 159 Eine der höchsten Ausprägungen von Präzisionslandwirtschaft ist das sogenannte Spotfarming. Hierbei werden Teilflächen mit weitgehend gleichen Eigenschaften z. B. hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit oder der Sonneneinstrahlung identifiziert und der Betriebsmitteleinsatz spezifisch auf diese Spots abgestimmt, wobei auch der Anbau unterschiedlicher Kulturpflanzen oder Fruchtfolgen auf verschiedenen Spots möglich ist. Vgl. Wegener et al. (2018).
- 160 Vgl. Kehl et al. (2021a).
- 161 Vgl. Kehl et al. (2021a).
- 162 Vgl. Bitkom Research (2022).
- 163 Vgl. Wissenschaftliche Dienste (2021), Nielsen et al. (2023), Böcker und Finger (2016), <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/neue-eu-verordnung-weniger-pestizide-geht-nur> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 164 Vgl. Bitkom Research (2020), Bitkom Research (2022).
- 165 In einer Befragung von Bitkom Research unter 500 Landwirtinnen und Landwirten sehen 90 Prozent der Teilnehmenden eine Förderung digitaler Kompetenzen in der Aus- und Weiterbildung als (sehr) wichtig an. Vgl. Bitkom Research (2022).
- 166 Vgl. Bitkom Research (2022).
- 167 Vgl. Deutscher Bundestag (2022).
- 168 Abflugmasse größer als 25 kg.
- 169 Vgl. Europäische Kommission (2019).
- 170 Vgl. Europäisches Parlament (2023).
- 171 Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt. Die Patentanmeldungen wurden anhand der CPC-Klassifizierung und einer Stichwortsuche in Patenttiteln und -abstracts identifiziert.
- 172 Aufgrund der sehr geringen Fallzahl wird der Bereich FMIS und DSS in dieser Analyse zusammengefasst.
- 173 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 174 Unter Genomeditierung wird heute eine Vielzahl an Verfahren zur gezielten Veränderung der Erbinformation zusammengefasst. Dazu zählen neben der weitbekannten Genschere CRISPR/Cas auch Verfahren wie ZFN (Zinkfinger-Nuklease), TALEN (Transcription Activator-like Effector Nuclease), und ODM (Oligonucleotide-directed Mutagenesis). Auch Prime und Base Editing gehören zur Genomeditierung. Diese beiden Verfahren werden im vorliegenden Gutachten nicht weiter berücksichtigt.
- 175 Dazu zählen u. a. die neuen Züchtungstechniken (NZT), die alle seit 2001 entwickelten Verfahren umfassen. Vgl. European Commission (2021b), Joint Research Centre et al. (2021a).
- 176 Vgl. Hartung et al. (2024). Die Definition konventioneller Pflanzenzüchtung ist nicht einheitlich. Häufig umfasst konventionelle Pflanzenzüchtung auch ungezielte Mutagenese. Da der ungezielten Mutagenese aber eine zentrale Bedeutung im Diskurs zu Grüner Gentechnik zukommt, wird sie im vorliegenden Text gesondert betrachtet.
- 177 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 178 Kurz für den englischen Begriff Deoxyribonucleic acid, im Deutschen: Desoxyribonukleinsäure (DNS).
- 179 Um den Bruch in der DNA-Sequenz zu erzeugen, werden ortsspezifische Nucleasen verwendet, wie ZFN, TALEN, ODM oder CRISPR. Vgl. Hartung et al. (2024).
- 180 Kurz für den englischen Begriff Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats.
- 181 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 182 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 183 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 184 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 185 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 186 Die Entwicklung einer neuen Sorte durch konventionelle Züchtung braucht ca. 13 Jahre; mithilfe von Genomeditierung und Transgenese kann die Zeit auf zwei bis drei Jahre verkürzt werden. Darüber hinaus ermöglicht Genomeditierung, mehrere Veränderungen an verschiedenen Stellen des Genoms gleichzeitig vorzunehmen. Diese Technik wird Multiplexing genannt und in der Praxis bisher noch nicht häufig genutzt.
- 187 Vgl. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 188 Das Sequenzieren der Erbanlagen ist noch nicht für alle Pflanzen abgeschlossen. Häufig wird Genomeditierung auch dafür eingesetzt, Genfunktionen zu identifizieren. Sind die Erbanlagen einer Pflanze sequenziert, beschleunigt das den Züchtungsprozess und unterstützt die Züchtungsplanung. Bei

- ungezielter Mutagenese und klassischer Züchtung werden keine Informationen über die Gensequenz der Pflanzen benötigt. Vgl. Hartung et al. (2024).
- 189** Vgl. European Commission (2021b), Joint Research Centre et al. (2021a), Jung und Till (2021), Hartung et al. (2024).
- 190** Gentechnik wird auf europäischer Ebene reguliert. Die beschlossenen Richtlinien müssen dann in jedem Mitgliedstaat in nationales Recht überführt werden – in Deutschland in das Gentechnikgesetz. Vgl. Deutscher Bundestag (2021a), Europäisches Parlament (2001).
- 191** Kosten für Zulassung als Futter- und Lebensmittel in der EU belaufen sich auf sechs bis 20 Millionen Euro, für den Anbau werden zwischen 17,5 und 28 Millionen Euro geschätzt. Zusätzlich kommen bis zu einer Million Euro pro Jahr für Monitoringmaßnahmen hinzu. Zulassungsverfahren dauern mehrere Jahre. Vgl. European Commission Regulatory Scrutiny Board (2023), Hartung et al. (2024).
- 192** In der Sicherheitsüberprüfung werden folgende Punkte analysiert: Persistenz und Invasivität, Gentransfer von Pflanzen zu Mikroorganismen, Wechselwirkung mit Ziel- und Nichtzielorganismen, Änderungen im Anbaumanagement, Gesundheit von Menschen und Tieren. Vgl. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_102 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 193** So wird der zugelassene gentechnisch veränderte Mais nur in Portugal und Spanien angebaut. Vgl. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_102 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 194** Vgl. Europäisches Parlament (2001), Deutscher Bundestag (2021a).
- 195** Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019).
- 196** Der Europäische Gerichtshof begründete seine Entscheidung u. a. damit, dass Pflanzen aus ungezielter Mutagenese auf eine lange Geschichte sicherer Anwendungen zurückblicken können. Vgl. Hartung et al. (2024), Europäischer Gerichtshof (2018). In Deutschland gilt laut Gentechnikgesetz die ungezielte Mutagenese nicht als Verfahren der Veränderung genetischen Materials und fällt somit nicht unter die gesetzlichen Regelungen. Vgl. Deutscher Bundestag (2021a).
- 197** Vgl. Hartung et al. (2024), <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/approvedeventsin/default.asp?CountryID=EU> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 198** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 199** Die Hauptanbauländer sind die USA mit 71,5 Millionen Hektar, Brasilien mit 52,8 Millionen Hektar, Argentinien mit 24 Millionen Hektar. Hauptkulturen sind Soja (91,9 Millionen Hektar), Mais (60,9 Millionen Hektar), Baumwolle (25,7 Millionen Hektar), Raps (10,1 Millionen Hektar). Vgl. Hartung et al. (2024).
- 200** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 201** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 202** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 203** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 204** Vgl. Joint Research Centre et al. (2021b).
- 205** Eine Metaanalyse zeigt, dass der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen mit Herbizidtoleranz bzw. Insektenresistenz den Ertrag und Gewinn der Landwirte und Landwirtinnen steigert, insbesondere in Entwicklungsländern. Der Profit der Landwirte und Landwirtinnen in Entwicklungsländern steigt demnach um 78 Prozent, während er in Industrieländern nur um 34 Prozent steigt. Die Menge an Pflanzenschutzmitteln sinkt in Entwicklungsländern um 42 Prozent und in Industrieländern um 18 Prozent. Vgl. Klümper und Qaim (2014), Qaim (2020).
- 206** So kann beispielsweise die Fettsäurezusammensetzung geändert werden, sodass Öle weniger ungesättigte Fettsäuren enthalten oder der Gehalt von Vitamin A in Grundnahrungsmitteln steigt. Vgl. Hartung et al. (2024).
- 207** In der klassischen Gentechnik werden häufig Insektenresistenzen bearbeitet, während in der Genomeditierung der Fokus bisher auf Pilzen und Viren lag. Das liegt daran, dass Insektenresistenzen durch Transgenese erreicht werden und Genomeditierung bisher nur selten für Transgenese verwendet wird. In circa 90 Prozent der Anwendungen wird Genomeditierung nur zum Ausschalten von Genen genutzt. Das wiederum liegt daran, dass Genomeditierung in der Anwendung bisher noch recht jung ist. Vgl. Hartung et al. (2024).
- 208** Vgl. Hartung et al. (2024), European Commission (2021b), Joint Research Centre et al. (2021a).
- 209** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 210** Vgl. Klümper und Qaim (2014).
- 211** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 212** Wildpflanzen haben meist einen wesentlich größeren Genpool als die verwandten Kulturpflanzen. Vgl. Qaim (2020).
- 213** Vgl. Hartung et al. (2024).
- 214** Vgl. Qaim (2020).
- 215** Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019), European Commission Directorate-General Research and Innovation (2010).

- 216 Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019), Hartung et al. (2024), Qaim (2020), European Commission (2021b).
- 217 Vgl. Joint Research Centre et al. (2021a), European Commission (2021b).
- 218 Hierzu werden das Schadenspotenzial und die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens ermittelt. Beide Faktoren hängen von der Wechselwirkung zwischen Pflanze und Merkmalsveränderung ab. Für die Eintrittswahrscheinlichkeit ist zudem die unmittelbare Anwendung selbst entscheidend. Es ist daher nicht möglich, ein allgemeines Risikoprofil für gezüchtete Pflanzen zu erstellen. Die Sicherheitsüberprüfungen werden in der EU von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und den entsprechenden nationalen Behörden – in Deutschland vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit – durchgeführt. Dabei werden sowohl die Umweltverträglichkeit als auch die Sicherheit für Mensch und Tier geprüft. Vgl. Hartung et al. (2024), https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_102 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 219 Vgl. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_102 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 220 Vgl. Hartung et al. (2024), https://bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/06_Gentechnik/02_Verbraucher/04_GVO_nach_Genehmigung/06_Ueberwachung/gentechnik_Ueberwachung_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 221 Zu den Regeln der guten fachlichen Praxis für die Produktion von GVO zählen u. a. die Einhaltung von Isolationsabständen, die Kontrolle auf Durchwuchs im Folgejahr, Bestimmungen zu Ernte, Lagerung und Transport von gentechnisch veränderten Pflanzen sowie eine Informationspflicht gegenüber benachbarten Landwirten und Landwirtinnen. Vgl. Deutscher Bundestag (2008), Barrows et al. (2014).
- 222 Vgl. https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/06_Gentechnik/02_Verbraucher/04_GVO_nach_Genehmigung/04_Koexistenz/gentechnik_koexistenz_node.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 223 Seit 2019 wird nahezu ausschließlich das CRISPR-Verfahren zur Genomeditierung verwendet, vornehmlich in der SDN-1 Variante. Vgl. Hartung et al. (2024).
- 224 Vgl. Zyontz (2024).
- 225 Vgl. Hartung et al. (2024), Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019), European Commission (2021b), Joint Research Centre et al. (2021a).
- 226 Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019), Dederer (2024).
- 227 Vgl. Hartung et al. (2024).
- 228 Vgl. European Commission Regulatory Scrutiny Board (2023).
- 229 Die EU definiert neue Züchtungstechniken als Verfahren, mit denen das Genmaterial eines Organismus verändert werden kann und die seit 2001 entstanden sind bzw. entwickelt wurden. Dazu zählen u. a. die Verfahren der Genomeditierung sowie Verfahren aus der synthetischen Biologie. Vgl. European Commission (2021b), Joint Research Centre et al. (2021a).
- 230 Vgl. Spök et al. (2022), Dederer (2024), Hartung et al. (2024).
- 231 Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019), Hartung et al. (2024).
- 232 Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019), Hartung et al. (2024).
- 233 Vgl. European Commission Regulatory Scrutiny Board (2023).
- 234 Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. et al. (2019).
- 235 Vgl. https://zag.bvl.bund.de/freisetzung/index.jsf;jsessionid=LocteqoohzyH7w7JKPb9y5gcQTza_5vzIP8xI8In.s-9200m?dswid=3121&dsrid=155 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 236 Vgl. European Commission Regulatory Scrutiny Board (2023).
- 237 Der Vorschlag bezieht sich nicht auf Transgenese mittels NZT. Vgl. Dederer (2024), Europäische Kommission (2023a).
- 238 Diese Anzahl basiert nicht auf wissenschaftlichen Grenzwerten. Vgl. Hartung et al. (2024).
- 239 Ausgenommen von dieser Regelung sind herbizidtolerante Pflanzen. Vgl. Europäische Kommission (2023a).
- 240 Vgl. Europäische Kommission (2023a).
- 241 Vgl. Dederer (2024).
- 242 Vgl. Europäisches Parlament (2018).
- 243 Vgl. Purnhagen et al. (2021), Spök et al. (2022).
- 244 Vgl. Dallendörfer et al. (2022), Kato-Nitta et al. (2023), BMUV und BfN (2023).
- 245 Vgl. BMUV und BfN (2023).
- 246 Vgl. https://www.enga.org/fileadmin/user_upload/pdf/Retailers_Resolution_03_11102021.pdf (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 247 Dallendörfer et al. (2022) berichten, dass 72 Prozent der Befragten in Deutschland noch nie von CRISPR-Cas und 50 Prozent noch nie von Gentechnologie in der Landwirtschaft gehört haben.

- Kato-Nitta et al. (2023) zeigen, dass 59,9 Prozent der Befragten in Deutschland kein Wissen zu Genomeditierung haben und dass das Bewusstsein für den Nutzen von Genomeditierung sehr gering ist.
- 248 Vgl. Deutscher Bundestag (1936), Deutscher Bundestag (2021b).
- 249 Vgl. <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/pflanzenbau/sortenschutz-oder-patent-was-ist-was> (letzter Abruf am 15. Januar 2024), Deutscher Bundestag (2021b).
- 250 Das Verfahren darf dabei nicht vollständig auf natürlichen Phänomenen wie Kreuzung oder Selektion beruhen. Dann ist es ein biologisches Verfahren und nicht patentierbar. Das gilt nicht für NZT. Vgl. Dederer (2024).
- 251 Vgl. Dederer (2024).
- 252 Vgl. Dederer (2024).
- 253 Vgl. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_23_3568 (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 254 Vgl. EFI (2021).
- B 2**
- 255 Die Erfassung von individuellen Standortwechseln von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie FuE-Beschäftigten ist aufgrund von Datenlimitierungen nur über Umwege möglich. Als Annäherung an tatsächliche Mobilitätsmuster erfassen die vorgestellten Studien Veränderungen der in wissenschaftlichen Veröffentlichungen angegebenen Organisationszugehörigkeit und der in Patentanmeldungen angegebenen Adressen. Damit folgen sie der einschlägigen internationalen Forschung. Das Vorgehen beruht auf einer Reihe von Annahmen, die an entsprechender Stelle explizit gemacht werden.
- 256 Die hier vorgestellten Analysen geben ein umfassendes, allerdings nicht vollständiges Bild der Mobilität. Sie lassen nur Aussagen über die Mobilität derjenigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigten zu, die im Beobachtungszeitraum wissenschaftliche Publikationen und/oder Patente über einschlägige Zeitschriftenverlage bzw. Patentämter veröffentlicht haben.
- 257 Vgl. Lepori et al. (2015).
- 258 Vgl. Netz et al. (2020).
- 259 Vgl. Guthrie et al. (2017).
- 260 Vgl. z. B. Franzoni et al. (2014). Leistung bzw. Qualität der Forschung wird hier über einen Qualitätsindikator von Publikationen angenähert (vgl. auch B 2-2). Potenzielle Gründe für einen kausalen positiven Effekt von Mobilität auf die durchschnittliche Forschungsqualität liegen in vergrößerten Netzwerken, neuen Wissenskombinationen sowie einer verbesserten Match Quality, d. h. einer durch internationale Ausweitung der Arbeitsmärkte verbesserte Passung von Arbeitgeber und Arbeitnehmerin bzw. Arbeitnehmer. Mobilität muss nicht in jedem Fall und unmittelbar zu Qualitätssteigerungen führen. Empirische Studien zeigen, dass je nach Tätigkeitsbereich und Arbeitsumfeld die Anpassungskosten am neuen Arbeitsort zunächst auch zu einer vorübergehenden Verringerung der Qualität führen können. Vgl. z. B. Groyberg und Lee (2009).
- 261 Vgl. z. B. Rassenfosse und Pellegrino (2024). Borjas und Doran (2012) zeigen allerdings auch, dass der durch Immigration verursachte Zuwachs an Humankapital in einem Land nicht zwingend zu einer Verbesserung der Forschungsleistung insgesamt führen muss, wenn gleichzeitig die Forschungsleistung der lokalen Autorinnen und Autoren sinkt.
- 262 Die Idee, die diesem Argument zugrunde liegt, wird in der Literatur unter dem Konzept des Tacit Knowledge diskutiert. Dabei handelt es sich um sogenanntes implizites Wissen, das in der Regel nur durch direkten Austausch zwischen Autorinnen und Autoren übermittelt bzw. ausgetauscht werden kann. Vgl. z. B. Ganguli (2015).
- 263 In der Literatur werden solche Kanäle für positive Effekte von Fachkräfteabwanderung unter Beneficial Brain Drain diskutiert (vgl. z. B. Mountford (1997); Beine et al. (2001); Mayr und Peri (2009)).
- 264 Vgl. Agrawal et al. (2006). Dass ein Standort, aus dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigte abgewandert sind, im Zeitverlauf über internationale Forschungsk Kooperationen mit den Abgewanderten profitiert, wird in der wissenschaftlichen Literatur als sogenannter Diaspora-Effekt diskutiert.
- 265 Die in Abschnitt B 2-2 vorgestellten empirischen Ergebnisse liefern Evidenz dafür, dass viele abgewanderte Autorinnen und Autoren in der Tat nach einiger Zeit nach Deutschland zurückkehren. Bei Erfinderinnen und Erfindern in multinationalen Konzernen, deren internationale Mobilität zum Großteil auf unternehmensinternen Umzügen beruht (B 2-3), kann das Abwanderungsland zudem auch direkt von der Abwanderung profitieren. Wenn beispielsweise eine FuE-Beschäftigte vom Hauptsitz des Unternehmens an einen ausländischen Standort desselben Konzerns wechselt und dadurch ihre eigene Produktivität steigert, profitiert das Unter-

nehmen insgesamt und folglich auch der Standort des Hauptsitzes – also das Abwanderungsland – in der Regel direkt von den positiven Auswirkungen der Mobilität.

- 266 Vgl. hier und im Folgenden Coda-Zabetta et al. (2024).
- 267 Grundlage bilden Daten der Publikationsdatenbank Scopus. In die Analyse einbezogen wurden Autorinnen und Autoren, zu denen mindestens zwei wissenschaftliche Publikationen in der Datenbank vorlagen, sodass geprüft werden konnte, ob sie in ihren Publikationen eine Organisationszugehörigkeit aus demselben oder unterschiedlichen Ländern angaben. Zu beachten ist, dass Mobilitätsraten durch diese Methode überschätzt werden können, wenn Publikationsaktivität und Mobilität positiv korreliert sind, etwa wenn publikationsaktivere Autorinnen und Autoren häufiger an ausländische Standorte wechseln als weniger publikationsaktive.
- 268 Für die Unterscheidung der Mobilitätstypen wurde die Publikationsanalyse der Autorinnen und Autoren mit Informationen aus der Datenbank IBM Global Name Recognition ergänzt. In der Datenbank ist jeder Vor- und Nachname mit allen Ländern verknüpft, in denen er auftritt. Basierend auf der Häufigkeitsverteilung der Namen sind somit Rückschlüsse auf die Nationalität oder Ethnizität der Autorinnen und Autoren möglich. So wird z. B. „Fowler“ häufig im Vereinigten Königreich und „Rajiv“ häufig in Indien gefunden, sodass diese Länder als Assoziationen für einen Autor namens Rajiv Fowler gewählt werden würden. Dieses Vorgehen entspricht dem aktuellen methodischen Standard in der Forschung zur wissenschaftlichen Mobilität. Zuziehende sind demnach Autorinnen und Autoren ohne typischen deutschen Vor- oder Nachnamen, die zuerst außerhalb Deutschlands publizierten und später nach Deutschland kamen und hier verblieben. Wegziehende sind Autorinnen und Autoren mit typischen deutschen Vor- oder Nachnamen, die zuerst in Deutschland publizierten und anschließend Deutschland verließen und nicht zurückkehrten. Rückkehrende sind Autorinnen und Autoren mit typischen deutschen Vor- oder Nachnamen, die zuerst außerhalb Deutschlands publizierten und später nach Deutschland kamen und hier verblieben, oder Autorinnen und Autoren mit für Deutschland untypischen Vor- und Nachnamen, die zuerst in Deutschland publizierten, anschließend Deutschland verließen und später wiederkamen. Temporäre sind Autorinnen und Autoren, die zuerst außerhalb Deutschlands publizierten, anschließend eine bestimmte Zeit in

Deutschland blieben und Deutschland dann wieder verließen.

- 269 Dies bedeutet jedoch nicht, dass alle als mobil identifizierten Autorinnen und Autoren in diesem Zeitraum einen Wechsel ihrer Organisation vollzogen haben. Grundlage für die Analyse ist die gesamte Publikationshistorie. So wird z. B. eine Wissenschaftlerin, die im Zeitraum zwischen 2005 und 2020 in Publikationen ausschließlich eine deutsche Organisationszugehörigkeit angab, aber bei ihrer ersten Publikation (vor 2005) eine nicht-deutsche Organisationszugehörigkeit angab, als Zuziehende oder Rückkehrende kategorisiert. 16,6 Prozent aller mobilen Autorinnen und Autoren gehören dieser Untergruppe an.
- 270 Für die Berechnung dieses Mobilitätssaldos wurden ausschließlich zu- und wegziehende Autorinnen und Autoren im Beobachtungszeitraum berücksichtigt. Werden zusätzlich Rückkehrende und Temporäre berücksichtigt, beläuft sich die Gesamtnettozuwanderung auf 3.713 Autorinnen und Autoren.
- 271 Die Jahresbetrachtungen berücksichtigen im Gegensatz zum vorherigen Absatz Zu- und Abwanderung und nicht nur Zu- und Wegzüge.
- 272 Vgl. OECD (2017). Autorinnen und Autoren werden hier basierend auf deren unmittelbar vorangegangener Veröffentlichung und der darin berichteten Organisationszugehörigkeit einem Mobilitätstyp zugeordnet. Gab beispielsweise eine Wissenschaftlerin bei einer Publikation im Jahr 2015 eine Organisationszugehörigkeit zu einer Forschungseinrichtung in Deutschland an und bei einer Publikation im Jahr 2017 eine Organisationszugehörigkeit zu einer Forschungseinrichtung im Ausland, so fließt sie im Jahr 2017 als Wegziehende in den Wanderungssaldo ein. Gab sie bei einer Publikation im Jahr 2020 erneut eine Organisationszugehörigkeit zu einer Forschungseinrichtung in Deutschland an, so fließt sie im Jahr 2020 als Zuziehende in den Wanderungssaldo ein. Aufgrund von Unterschieden in der Methodik zwischen Coda-Zabetta et al. (2024) und OECD (2017) sind die absoluten Werte der Wanderungssalden Deutschlands unterschiedlich groß. Der beobachtete Trend stimmt jedoch überein. Während Coda-Zabetta et al. (2024) in ihre Studie alle Veröffentlichungen von Autorinnen und Autoren einbeziehen, die im Zeitraum zwischen 2005 und 2020 bei mindestens einer Publikation eine deutsche Organisationszugehörigkeit angaben, reicht die OECD-Datengrundlage (2017) bis zum Jahr 1996 zurück. So ist beispielsweise eine Wissenschaftlerin, die bis 2004 eine deutsche Organisationszugehörigkeit angab, aber von 2005 bis 2020

- ausschließlich eine Organisationszugehörigkeit an einer Forschungseinrichtung außerhalb Deutschlands angab, nicht in Coda-Zabetta et al. (2024) enthalten. Dies kann zu einer leichten Unterschätzung der Abwanderung in den ersten Jahren des analysierten Zeitraums führen.
- 273** Verschiedene Indikatoren wie die Anzahl der erteilten Visa und der Anteil ausländischer Promovierter scheinen darauf hinzudeuten, dass die Zuwanderung von FuE-Beschäftigten in die USA nach der Finanzkrise zwischen 2007 und 2009 kurzfristig abgenommen hat. Vgl. <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/science-and-engineering-labor-force/immigration-and-the-s-e-workforce> (letzter Abruf am 15. Januar 2024) Die Finanzkrise könnte eine mögliche Ursache für den plötzlichen Nettowegzug von Autorinnen und Autoren aus den USA im Jahr 2011 und die darauffolgende Stagnation beim Nettozuzug in den Jahren 2012 bis 2014 sein, da Publikationsanalysen solche Entwicklungen nur verzögert abbilden können. Der starke Rückgang des Nettozuzugs von Autorinnen und Autoren in den USA im Jahr 2019 könnte mit Entscheidungen der Regierung Trump in Verbindung stehen. Vgl. Poitras und Larivière (2023).
- 274** Bei der Interpretation des Rückkehrverhältnisses ist zu beachten, dass ein Rückkehrverhältnis von 0,45 nicht zwingend bedeutet, dass 45 von 100 im Beobachtungszeitraum Abgewanderten tatsächlich wieder zurückgekehrt sind, da ein Teil der Rückkehrenden Deutschland vor Beginn des Beobachtungszeitraums verlassen hat und folglich nicht zur Gruppe der Abwandernden gehört.
- 275** Die Datenbank IBM Global Name Recognition ermöglicht wahrscheinlichkeitsbasierte Einschätzungen zum Geschlecht von Autorinnen und Autoren. Anhand der Häufigkeitsverteilung eines Vornamens gibt die Datenbank die Wahrscheinlichkeit an, ob der Vorname eher mit dem weiblichen oder dem männlichen Geschlecht assoziiert wird. Überwiegt die Wahrscheinlichkeit der weiblichen Assoziation, wird die betreffende Person hier als Wissenschaftlerin kategorisiert.
- 276** Partiiell könnte dieser Unterschied auch durch Namensänderungen begründet sein. Ändert beispielsweise eine Wissenschaftlerin ihren Nachnamen nach der Eheschließung, kann dies die korrekte Zuordnung der darauffolgenden Publikationen erschweren. Coda-Zabetta et al. (2024: 16) adressieren dieses Problem mit der Namensdisambiguierung mittels des Scopus Author Identifier, einer Identifikationsnummer für Autorinnen und Autoren in der Scopus Publikationsdatenbank.
- 277** Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024). Zhao et al. (2023) betrachten die internationale Mobilität von Autorinnen und Autoren über den Zeitraum zwischen 1998 und 2017 geschlechterbezogen. Auch sie kommen zu dem Ergebnis, dass Wissenschaftlerinnen weniger wahrscheinlich nach Deutschland zurückkehren bzw. länger im Ausland verbleiben als ihre männlichen Kollegen.
- 278** Das Rückkehrverhältnis für Wissenschaftlerinnen beträgt 0,47, während das Rückkehrverhältnis für Wissenschaftler 0,58 beträgt. Das Bleibeverhältnis für Wissenschaftlerinnen liegt bei 0,50, während das Bleibeverhältnis für Wissenschaftler bei 0,45 liegt.
- 279** Hierfür wird der sogenannten SJR-Wert des Scimago Journal Ranking der Scopus-Publikationsdatenbank ermittelt. Den höchsten SJR-Wert hatte im Jahr 2022 das *Ca: A Cancer Journal for Clinicians* mit 86.091, gefolgt vom *Quarterly Journal of Economics* mit 36.730 und *Nature Reviews Molecular Cell Biology* mit 34.201. Vgl. <https://www.scimagojr.com/journalrank.php> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 280** Der Indikator erlaubt es, auch aktuell veröffentlichte Arbeiten in die Qualitätserfassung einzubeziehen.
- 281** Zur Differenzierung der Wissenschaftszweige verwenden Coda-Zabetta et al. (2024) das All Science Journal Classification-(ASJC)-Schema von Scopus. Bei der Registrierung eines Journals in Scopus erfolgt dessen expertenbasierte Zuordnung zu einem spezifischen Wissenschaftszweig. Diese Zuordnung basiert auf dem Titel des Journals und den darin veröffentlichten Inhalten. Jeder Wissenschaftszweig in Scopus umfasst mehrere spezialisierte Unterbereiche. So beinhaltet z. B. der Wissenschaftszweig Medizinische Wissenschaften und Gesundheitswissenschaften die Unterbereiche Medizin, Pflege, Tiermedizin, Zahnmedizin, Gesundheitswesen und fachübergreifende Themen. Vgl. https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/12007/supporthub/scopus/ (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 282** Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024: 32 ff.).
- 283** Vgl. hier und im Folgenden Coda-Zabetta et al. (2024).
- 284** Vgl. Chai und Freeman (2019) sowie Boudreau et al. (2017).
- 285** Vgl. Wuchty et al. (2007).
- 286** Vgl. Adams (2012).

- 287 Die Kategorisierung der Forschungseinrichtungen basiert auf dem Academic Ranking of World Universities (ARWU). Führende Forschungseinrichtungen sind in diesem Kontext die Top-500-ARWU-Institutionen. Vgl. (Coda-Zabetta et al. (2024: 49 f.).
- 288 Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024: 48 f.).
- 289 Vgl. Netz et al. (2020) und Scellato et al. (2015). Relevant für den Netzwerkeffekt der Mobilität ist dabei auch, in welcher Karrierephase sie stattfindet.
- 290 Als Näherungsgröße für besonders forschungsstarke Universitäten wurde die Mitgliedschaft der Universität in den Netzwerken U15 und TU9 verwendet. Verglichen mit allen anderen Professorinnen und Professoren ist der Anteil der Zuziehenden unter den TU9- bzw. U15-Professorinnen und -Professoren ca. dreimal höher und der Anteil der Rückkehrenden ca. viermal höher. Unter allen Nachwuchsgruppenleiterinnen und -leitern mit Emmy-Noether-Förderung sind, verglichen mit allen Autorinnen und Autoren, ca. dreimal mehr Zuziehende und ca. zehnmals mehr Rückkehrende. Zudem zeigt sich im Vergleich mit allen Autorinnen und Autoren nur eine ca. halb so große Anzahl an Wegziehenden. Eigene Berechnungen auf Basis von Karaulova et al. (2024).
- 291 Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024: 75 f.). In der Analyse wurden Publikationen, die von oder mit an der Universität neuberufenen Alexander von Humboldt-Professoren und -Professorinnen verfasst wurden, nicht berücksichtigt.
- 292 Vgl. Agrawal et al. (2017).
- 293 Vgl. Huang (2017) sowie Hoisl (2007).
- 294 Vgl. hier und im Folgenden Karaulova et al. (2024).
- 295 International mobil ist eine Erfinderin bzw. ein Erfinder, wenn sich das in den Patentanmeldungen für den Erfindersitz angegebene Land geändert hat. Internationale Wanderungen werden dabei jährlich betrachtet, wobei bei mehreren in einem Jahr genannten Adressen das am häufigsten gemeldete Land zählt. Als Herkunftsland wird einer Erfinderin bzw. einem Erfinder das Land zugeordnet, das in der ersten Patentanmeldung angegeben wurde. Dieses Land muss nicht unbedingt dem Geburtsland der jeweiligen Erfinderin oder des jeweiligen Erfinders entsprechen. Um als mobil klassifiziert zu werden, benötigen Erfinderrinnen und Erfinder per Definition mindestens zwei Patentanmeldungen in verschiedenen Jahren mit unterschiedlichen Länderangaben. Erfinderrinnen und Erfinder mit einer einzigen Patentanmeldung sind per Definition nicht-mobil.
- 296 Transnationale Patente sind Patente, die beim Europäischen Patentamt für europäische Länder oder als Patentanmeldungen nach dem Patentzusammenarbeitsvertrag (Patent Cooperation Treaty, PCT) für nicht-europäische Länder eingereicht werden. Anmelder bzw. Anmelderrinnen entscheiden sich für eine transnationale Patentanmeldung, wenn die Erfindung in verschiedenen nationalen Märkten genutzt werden soll.
- 297 Um die Mobilität von Erfinderrinnen und Erfindern über die Zeit genau verfolgen und analysieren zu können, wurde ein zweistufiges Verfahren zur Namensdisambiguierung verfolgt. In einer ersten Stufe wurden innerhalb eines Jahres die Namen auf Basis mehrerer Kriterien (Name, Region, Technologieklassen, Erfinder-ID) gruppiert. In einer zweiten Stufe wurden diese Informationen über die verschiedenen Jahre hinweg zu übergeordneten Gruppen aggregiert. Mittels dieser doppelten Aggregation lassen sich die Patente einer Person innerhalb eines Jahres sowie über die Jahre hinweg zuordnen.
- 298 Vgl. Karaulova et al. (2024).
- 299 Vgl. Karaulova et al. (2024).
- 300 Die Jahresbetrachtungen berücksichtigen im Gegensatz zum vorherigen Absatz Zu- und Abwanderung und nicht nur Zu- und Wegzüge.
- 301 Vgl. Karaulova et al. (2024).
- 302 Eigene Berechnung auf Basis von Karaulova et al. (2024).
- 303 Weltweite Auswahl an Ländern. Vgl. Karaulova et al. (2004).
- 304 Rückkehrende werden nach dieser Definition somit als zunächst abwandernd und später zuwandernd gezählt, während Temporäre als zunächst zuwandernd und später abwandernd gezählt werden.
- 305 Eigene Berechnung auf Basis von Karaulova et al. (2024).
- 306 Wie in Abschnitt B 2-1 beschrieben, ist bei unternehmensinterner Erfinderrinnen- und Erfindermobilität auch ohne Rückkehr eine positive Auswirkung der Mobilität zu erwarten.
- 307 Vgl. Karaulova et al. (2024).
- 308 Beim Vergleich zwischen den verschiedenen Mobilitätstypen muss berücksichtigt werden, dass Erfinderrinnen und Erfinder per Definition mindestens zwei Patente angemeldet haben müssen, um als mobil klassifiziert zu werden. Bei Rückkehrenden und Temporären sind es dagegen mindestens drei. Dieser aus der Methodik der Studie resultierende Unterschied schränkt die Aussagekraft von Vergleichen zwischen den verschiedenen Mobilitätstypen ein.

- 309** Zu den allgemeinen Ursachen von internationaler Fachkräftewanderung zählen Länderunterschiede in der allgemeinen Lebensqualität, den sozial- und familienpolitischen Rahmenbedingungen, der Attraktivität des vorherrschenden Lebensstils, den Beschäftigungsmöglichkeiten und Arbeitsbedingungen sowie dem Lohnniveau in den jeweils relevanten Branchen. Wie allgemein bei internationalen Fachkräften sind auch die individuellen Migrationsentscheidungen international mobiler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie FuE-Beschäftigter in komplexe Strukturen von Arbeitsverhältnissen sowie von sozialen und kulturellen Kontexten eingebettet. Vgl. Bauder (2015).
- 310** Im Jahresgutachten 2014 wurden Befragungsergebnisse von Franzoni et al. (2012) vorgestellt, die belegen, dass die internationale Mobilität von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vor allem beruflich motiviert war. Eine Umfrage von Guthrie et al. (2017) im Vereinigten Königreich kommt zum selben Ergebnis: Mobilität ist unter den befragten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vor allem beruflich motiviert. Eine besondere Rolle spielen Aspekte der Karriereentwicklung sowie der Ausbau des eigenen wissenschaftlichen Netzwerks. Ein Großteil der Befragten erwartet, dass internationale Mobilität ihren individuellen Karrierechancen zuträglich ist, wobei diese Erwartung unabhängig von der disziplinären und institutionellen Zugehörigkeit sowie von eigenen Mobilitätserfahrungen ist.
- 311** Vgl. Hunter et al. (2009).
- 312** Vgl. IEKE (2016), Bornmann (2016), Möller et al. (2016), Carayol und Maublanc (2022) und Warta et al. (2017). Die Studie von Carayol und Maublanc (2022) lässt kausale Rückschlüsse auf die Wirkung der Exzellenzinitiative zu und bescheinigt eine positive Wirkung auf den Forschungsoutput geförderter Universitäten.
- 313** Aufgrund verschiedener methodischer Vorgehensweisen bei den zugrunde liegenden Analysen zur Forschermobilität ist kein Vergleich der einzelnen Befunde möglich. Die Aussagen in diesem Kapitel beschränken sich daher auf einen Vergleich der Kernaussagen.
- 314** Hierbei handelt es sich um einen Vergleich von absoluten Bruttozahlen ohne eine Relation zur Gesamtpopulation.
- 315** Vgl. EFI (2014).
- 316** Vgl. EFI (2014: 88).
- 317** Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024). Bei der Berechnung des Nettozuzugs wurden Rückkehrende und Temporäre nicht mit einbezogen. Coda-Zabetta et al. (2024) haben zusätzlich zur Analyse der Publikationshistorie einer Wissenschaftlerin oder eines Wissenschaftlers auch eine Namensanalyse durchgeführt, um präziser zwischen Mobilitätstypen zu unterscheiden. In den Analysen des Jahresgutachtens 2014 der Expertenkommission wurde ausschließlich die Publikationshistorie für die Identifikation der Mobilitätstypen analysiert. Wird für den Zeitraum zwischen 2005 und 2020 ebenso ausschließlich die Publikationshistorie für die Identifikation der Mobilitätstypen analysiert, erhöhen sich die Anteile von Zuziehenden und Wegziehenden gleichermaßen um 2 Prozentpunkte und haben folglich keine merkliche Auswirkung auf die Berechnung des Mobilitätssaldos. Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024: 86).
- 318** Aufgrund eines anderen methodischen Vorgehens in den Analysen des Jahresgutachtens 2014 ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Das Jahresgutachten von 2014 verweist bei der Analyse der Erfinderrinnen- und Erfindermobilität auf WIPO (2013). Im Gegensatz zu Karaulova et al. (2024) wurde dort jedoch keine aufwändige Namensdisambiguierung der Erfinderrinnen und Erfinder durchgeführt, sondern Mobilität über Namensaggregate analysiert.
- 319** Vgl. EFI (2023).
- 320** Vgl. EFI (2014: 90).
- 321** Vgl. <https://www.dfg.de/foerderung/foerderinitiativen/exzellenzinitiative/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 322** Vgl. <https://www.dfg.de/foerderung/foerderinitiativen/exzellenzstrategie/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 323** Vgl. <https://www.humboldt-foundation.de/bewerben/foerderprogramme/alexander-von-humboldt-professur> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 324** Vgl. https://www.dfg.de/foerderung/programme/einzelfoerderung/emmy_noether/ (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 325** Vgl. <https://www.tenuretrack.de/de/startseite> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 326** In einer Panelbefragung der OECD haben lediglich 4 Prozent der befragten immigrationswilligen Fachkräfte nach sechs Monaten die administrativen Voraussetzungen der Zuwanderung nach Deutschland erfüllt. Vgl. <https://blog.oecd-berlin.de/wer-will-nach-deutschland-zweite-befragung-von-auslaendischen-fachkraeften> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Für viele der Befragten ist die lange Dauer der administrativen Prozesse ein Grund, ihre Zuwanderungspläne aufzugeben. Die

Problematik langwieriger, intransparenter und unzureichend standardisierter und digitalisierter Zwischenschritte wurde der Expertenkommission in Fachgesprächen mit Beratungsagenturen für immigrationswillige Fachkräfte bestätigt. Die Folge sind teilweise scheinbar willkürliche administrative Prozesse bei Visa- und Anerkennungsverfahren, die die Fachkräftezuwanderung erschweren.

- 327 Vgl. auch Jaudzims und Oberschelp (2023).
- 328 Die in Deutschland geltenden Visaregelungen selbst sind indes – wie bereits im Jahresgutachten 2014 ausführlich dargelegt – gerade für Hochqualifizierte im internationalen Vergleich äußerst liberal und stellen für die meisten FuE-Beschäftigten keine große rechtliche Barriere dar. Bei vorliegendem Arbeitsplatzangebot bestehen beispielsweise für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler faktisch keine nennenswerten rechtlichen Hürden mehr.
- 329 Ein Hemmnis ist beispielsweise, dass kombinierte Versicherungszeiten aus EU- und Nicht-EU-Ländern mit bilateralen Sozialversicherungsabkommen oftmals nicht gemeinsam als Zeit für den Rentenanspruch anrechenbar sind. Vgl. <https://www.deutsche-rentenversicherung.de/DRV/DE/Rente/Ausland/Rente-im-Ausland/rente-im-ausland-zeiten-detailseite.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 330 Vgl. Hellfeier und Hendricks (2022). So ist beispielsweise eine Mitnahme von Versorgungsansprüchen bei freiwilligem Austritt aus dem Beamtenverhältnis (Altersgeldregelung), um in einem Nicht-EU-Land zu arbeiten, nur in sechs Bundesländern vorgesehen. In anderen Bundesländern erfolgt eine Nachversicherung in der gesetzlichen Rentenversicherung (ohne Nachversicherung in der Versorgungsanstalt des Bundes und der Länder). Das Bundesverwaltungsgericht hat Beamten, die von der Arbeitnehmerfreizügigkeit nach Art. 45 AEUV Gebrauch machen, indem sie aus dem in Deutschland begründeten Beamtenverhältnis ausscheiden, um in einem anderen Mitgliedstaat der EU einer Erwerbstätigkeit nachzugehen, einen Anspruch auf angemessene Nachversicherung zugesprochen (Urteil: BVerwG 2 C 3.21). Dieses Urteil gilt jedoch nicht für die Arbeitsaufnahme in einem Nicht-EU-Land.
- 331 Vgl. Jaudzims und Oberschelp (2023).
- 332 Vgl. z. B. Aufderheide und Neizert (2016).
- 333 So förderte beispielsweise der DAAD im Jahr 2022 die internationale Mobilität von insgesamt ca. 66.500 Personen aus dem Ausland, von denen ca. 18.000 einen Doktoranden- oder Postdoktorandenstatus hatten, sowie ca. 24.000 Personen aus

Deutschland, von denen ca. 5.500 einen Doktoranden- oder Postdoktorandenstatus hatten. Diese Zahlen enthalten keine Erasmus+-Förderungen.

334 Vgl. Die Bundesregierung (2023c).

335 Vgl. EFI (2023).

B 3

336 Vgl. European Commission (2011).

337 Vgl. European Parliament, The Council of the European Union (2021).

338 Vgl. Kuittinen et al. (2018).

339 Vgl. Die Bundesregierung (2023b).

340 Vgl. EFI (2016).

341 Vgl. Weber et al. (2024).

342 Vgl. Howaldt und Schwarz (2010) und Weber et al. (2024).

343 Vgl. Havas und Molnár (2020), European Commission (2017a), Weber et al. (2024).

344 Vgl. Bureau of European Policy Advisor (2010), Rueede und Lurtz (2012), Edwards-Schachter und Wallace (2017), Weber et al. (2024).

345 Vgl. Weber et al. (2024).

346 Vgl. Alperstedt und Andion (2021), Terstriep et al. (2015).

347 Die Tafel Deutschland ist eine gemeinnützige Organisation, die Konsumgüter (insbesondere Lebensmittel), die nicht mehr benötigt werden, entweder unentgeltlich oder gegen ein geringes Entgelt abgibt. Die Tafeln sind im Dachverband Tafel Deutschland e.V. organisiert. Vgl. <https://www.tafel.de/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).

348 Die Mitfahrbank ist eine Initiative, bei der Bänke an Straßen oder Haltestellen aufgestellt werden, um Mitfahrgelegenheiten anzubieten. Menschen, die eine Mitfahrgelegenheit suchen, können sich auf die Bank setzen und signalisieren, dass sie eine Mitfahrgelegenheit benötigen. Autofahrerinnen und Autofahrer, die in die gleiche Richtung fahren, können anhalten und die Person mitnehmen. Die Mitfahrbank soll dazu beitragen, die Mobilität in ländlichen Gebieten zu verbessern und die Anzahl der Fahrzeuge auf den Straßen zu reduzieren. Schätzungen zufolge gibt es rund 1.000 Mitfahrbänke in Deutschland. Vgl. <https://taz.de/Mobilitaet-auf-dem-Dorf/!5953209/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).

349 Multi-Level Perspective on Social Innovation (MLP-SI) Modell. Vgl. Weber et al. (2024: 53), Bodenheimer (2019) und Geels und Schot (2007).

350 Der Begriff der Generalisierung wird in Sengers et al. (2021) vorgeschlagen. Generalisierung stellt eine

- breitere Perspektive auf den Systemwandel dar, die über einzelne Produkte, Produktionsprozesse oder Dienstleistungen hinausgeht, da sie Systeminnovationen adressiert.
- 351** Während dieser frühen Phase der sozialen Innovation bilden sich zudem Netzwerke innerhalb der sozialen Innovationsinitiativen und es findet auch eine Zusammenarbeit mit externen Akteuren statt wie beispielsweise mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die ihr Fachwissen einbringen. Bei einigen gesellschaftlichen Herausforderungen und Problemen ist es wahrscheinlich, dass verschiedene Ansätze existieren und sich ergänzen, indem sich Akteure beispielsweise in Verbänden organisieren, Wissen austauschen oder auch im Wettbewerb zueinander stehen. Durch einen Diskurs darüber, wie das soziale Problem am besten gelöst werden kann, kann es zu einem Auswahlprozess kommen, bei dem bestimmte Lösungsansätze sich durchsetzen oder Initiativen zusammenarbeiten.
- 352** Vgl. Weber et al. (2024), Bodenheimer (2019), Geels und Schot (2007).
- 353** Beispiele sind einfache Messenger-App-Gruppen, Carsharing, Blockchain-basierte Lieferketten, Onlineplattformen zur Vernetzung und Zusammenarbeit von Menschen sowie die Nutzung von Datenanalyse und künstlicher Intelligenz zur Lösung sozialer Probleme.
- 354** Diese Nicht-Rivalität bei öffentlichen Gütern bedeutet, dass deren Bereitstellung mit positiven externen Effekten einhergeht, denn nicht nur diejenigen, die das Gut bereitstellen, können von ihm profitieren.
- 355** Vgl. Weber et al. (2024), Phills Jr. et al. (2008), The Economist Intelligence Unit (2016).
- 356** Vgl. <https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/soziale-innovationen-und-zukunftsanalyse/insight/insight.html#searchFacets> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 357** Vgl. European Commission (2017b), Die Bundesregierung (2023b), Edler et al. (2023).
Manche Definitionen von sozialen Innovationen gehen daher so weit, nicht nur das Ziel, sondern auch einen tatsächlichen positiven Beitrag einer sozialen Innovation zu einer bestimmten gesellschaftlichen Transformation als Kriterium für soziale Innovation aufzunehmen. Diese normative Sichtweise ist in der Literatur nicht unumstritten und kann bei der Umsetzung von sozialen Innovationen oder ihrer politischen Förderung zu Akzeptanzproblemen führen. So wird moniert, dass eine Vorfestlegung erfolgt, welche Verhaltensveränderungen als „gut“ oder „richtig“ einzustufen sind.
- Dies kann dazu führen, dass bestimmte Gruppen oder Perspektiven vernachlässigt oder ausgegrenzt werden. Diejenigen, die nicht in die festgelegten Vorstellungen von sozialer Innovation passen, können von den Vorteilen dieser Innovationen ausgeschlossen werden oder die Wirkung entsprechender Innovation anders bewerten. Die Literatur spricht hier von einer „dark side of social innovation“. Vgl. Coad et al. (2021), Curtis et al. (2023); Voegtlin et al. (2022), Larsson und Brandsen (2016), Sardo et al. (2023). Darüber hinaus klammert eine normative Sichtweise aus, dass auch soziale Innovationen unerwartete und unerwünschte Folgen haben können.
- 358** Die Bundesregierung (2023b: 4).
- 359** Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 8).
- 360** Vgl. EFI (2021: 38 ff.).
- 361** Vgl. beispielsweise Euclid Network (2022: 20 f.) zu länderspezifischen Definitionen von Sozialunternehmen im Rahmen des European Social Enterprise Monitor.
- 362** Europäische Kommission (2011: 3).
- 363** Vgl. Europäische Kommission (2011: 3 f.).
- 364** <https://www.send-ev.de/social-entrepreneurship/definition-kriterien/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 365** Durch Steuerungs- und Kontrollmechanismen wird häufig sichergestellt, dass die sozialen Ziele nicht nur innerhalb des Sozialunternehmens, sondern auch in kontrollierbaren Bereichen außerhalb des Sozialunternehmens wie den Lieferketten eingehalten werden.
- 366** Vgl. Doherty et al. (2014) und Yahyaoui et al. (2023).
- 367** Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 4) und <https://www.send-ev.de/social-entrepreneurship/definition-kriterien/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 368** Vgl. hierzu auch Unterberg et al. (2015).
- 369** Eine klare Abgrenzung der Unternehmen ist nur schwer möglich, denn die meisten Unternehmen – auch jene, die sich nicht als Sozialunternehmen verstehen – haben nicht nur Gewinnerzielungsabsichten und ihr gesellschaftlicher Beitrag beschränkt sich nicht allein auf einen wirtschaftlichen Beitrag. Vgl. Stitteneder (2023), Schleppehorst et al. (2022), Unterberg et al. (2015).
- 370** Vgl. Weber et al. (2024).
- 371** 2014 veröffentlichte die Europäische Kommission eine breit angelegte Studie zu Sozialunternehmen und ihren jeweiligen Ökosystemen. Die Studie hat erstmalig versucht, die nationalen Ökosysteme miteinander zu vergleichen. Dazu wurden rechtliche Rahmenbedingungen, sozialer Kapitalmarkt, Wir-

kungsmessung und Berichtswesen, Netzwerke und gegenseitige Unterstützungsmechanismen, spezialisierte Unterstützungsangebote zur Geschäftsmodellentwicklung und Zertifizierungssysteme bzw. Labels untersucht. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass die nationalen Unterschiede angesichts eines unterschiedlichen Verständnisses von Sozialunternehmertum und der historisch gewachsenen Strukturen – vor allem hinsichtlich der Rolle (semi-)staatlicher Akteure im Bereich der Erbringung sozialer Leistungen – einen Vergleich erschweren und die Adaption von guten Praktiken überaus schwer ist. Vgl. Wilkinson et al. (2014).

- 372** Die Grundlage für die Analyse sind rund 1,29 Millionen Beobachtungen. Dies umfasst größtenteils Unternehmen, aber auch Verbände, Vereine und Universitäten. Zur Repräsentativität der Daten vgl. Kinne und Axenbeck (2020).
- 373** ISTARI ist eine Ausgründung des ZEW und bietet Echtzeit-Markt- und Unternehmensinformationen an. Die Plattform von ISTARI.AI nutzt KI-Technologie, um über 20 Millionen Unternehmenswebseiten in Europa und Nordamerika zu scannen.
- 374** Vgl. <https://www.si-drive.eu/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024), Mapping der Daten im Atlas Soziale Innovationen, <https://www.socialinnovationatlas.net/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024) und Howaldt et al. (2019).
- 375** Vgl. <https://www.send-ev.de/projekte-items/dsem/> (letzter Abruf 15. Januar 2024).
- 376** Vgl. Stephan et al. (2015), Renko (2013), Siqueira et al. (2018).
- 377** van der Have und Rubalcaba (2016).
- 378** Vgl. Krlev et al. (2020) und Terstriep et al. (2020).
- 379** Vgl. Strambach und Thurmann (2021) und <https://www.si-metrics.eu/de/indisi/> (letzter Abruf 15. Januar 2024).
- 380** Input-Indikatoren können beispielsweise die Investitionen in soziale Innovationen, soziale Aktivitäten, die nachhaltige Ziele verfolgen, persönliche Betroffenheit oder wirtschaftliche Motive umfassen. Output-Indikatoren können beispielsweise die Anzahl der Begünstigten der sozialen Innovationen, die Anzahl zahlender Kundinnen und Kunden, die umgesetzten Kampagnen oder die Netzwerkbildung sein. Vgl. Krlev et al. (2021).
- 381** Vgl. Europäische Kommission (2020).
- 382** In Deutschland wird die Anwendung von Sozialunternehmer-Konzepten und deren Akzeptanz als niedrig eingestuft. Die Datenverlässlichkeit wird für das Vereinigte Königreich mit sehr hoch und für Spanien, Polen, Luxemburg, Griechenland und Finnland mit hoch angegeben. Vgl. Europäische Kommission (2020). Wie beispielsweise die Akzeptanz von Sozialunternehmen gemessen wird, wird nicht näher erläutert. Die Rechts- und Organisationsformen sind für Sozialunternehmen, in Abhängigkeit von den Rechtssystemen der erfassten Länder, unterschiedlich. So hat Polen z. B. eine spezifische Rechtsform für Sozialunternehmen (soziale Genossenschaften) und schlägt in einem Gesetzentwurf die Schaffung einer Rechtsstellung für Sozialunternehmen vor (Nationales Programm zur Sozialwirtschaftsentwicklung, Krajowy Program Rozwoju Ekonomii Społecznej – KPRES). Italien ist das einzige europäische Land, in dem es sowohl ein Gesetz für soziale Genossenschaften (Rechtsform) als auch ein Gesetz für Sozialunternehmen (Rechtsstellung) gibt. Vgl. Wilkinson et al. (2014).
- 383** ISTARI.AI erfasst die Daten über ein sogenanntes neuronales Netz, das webAI InnoProb-Agent, das darauf trainiert ist, den Status von Unternehmen als Innovatoren aus ihren Webseiten abzuleiten und als individuellen Innovationswahrscheinlichkeitsscore (InnoProb) abzubilden. Der webAI-Agent für soziale Innovation wurde von ISTARI.AI darin geschult, aus den Webseiten von Unternehmen ihr Engagement für soziale Innovation abzuleiten und es als individuellen Social InnoProb Score abzubilden. Dieser Indikator liegt zwischen 0,0 und 1,0 und spiegelt die Wahrscheinlichkeit wider, dass ein Unternehmen ein sozialer Innovator ist. Der auf diese Weise berechnete Social InnoProb Score würde für ein Unternehmen, bei dem es sehr unwahrscheinlich ist, dass es sich um ein sozial innovatives Unternehmen handelt, nahe bei 0,0 liegen. Ein sehr wahrscheinlich sozial innovatives Unternehmen hätte dagegen einen Social InnoProb Score nahe 1,0. Vgl. <https://docs.istari.ai/indicators/social-innovation> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Die dargestellten Analysen definieren Unternehmen als sozial innovativ, wenn der Social InnoProb Score über 0,5 liegt. Aufgrund fundamental anderer Erhebungsweisen ist ein Vergleich mit Innovatorenquoten bei technologischen Innovationen nicht zielführend.
- 384** Vgl. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/regionen/siedlungsstrukturelle-regionstypen/regionstypen.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 385** Am höchsten ist der Anteil sozialinnovativer Unternehmen in kreisfreien Städten, insbesondere in

- Bonn (29,8 Prozent), Hamburg (28,6 Prozent), Stuttgart (28,2 Prozent) und München (28,1 Prozent). Am niedrigsten ist der Anteil sozialinnovativer Unternehmen in den ländlichen Regionen Altenburger Land (6,7 Prozent), Euskirchen (8,5 Prozent), Jerichower Land (9,2 Prozent) und Sächsische Schweiz-Osterzgebirge (9,6 Prozent).
- 386** Basierend auf 101 Kreisen.
- 387** Basierend auf 213 Kreisen.
- 388** Basierend auf 117 Kreisen.
- 389** Grundlage der Auswertungen ist der SI-Drive-Datensatz. Die Daten wurden 2015/16 mithilfe eines Online-Fragebogens erhoben. Die Daten sind nicht repräsentativ. Die Befragung war nicht anonym. Das Projekt wurde mit Mitteln aus dem 7. Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration unter der Fördervereinbarung Nr. 612870 gefördert. In Bezug auf die Messung sozialer Innovationen kann die Zuordnung aufgrund des Verständnisses der Befragten unterschiedlich sein. Initiativen umfassen sämtliche sozial innovativen Akteure, beispielsweise Bürgerinitiativen, Sozialunternehmen, Vereine, gewinnorientierte Unternehmen mit sozialen Innovationen. Vgl. hierzu auch <https://www.si-drive.eu/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 390** Vgl. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklaert-232174> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 391** Vgl. https://www.globalcompact.de/fileadmin/user_upload/Dokumente_PDFs/SDG-Compass_German.pdf (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 392** Europa umfasst hier und im Nachfolgenden die 21 Länder, die Teil der ESEM-Befragung 2021/2022 sind (in alphabetischer Reihenfolge): Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Frankreich, Irland, Italien, Kroatien, Lettland, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowenien, Spanien, Türkei, Ungarn und das Vereinigte Königreich. Deutschland ist im europäischen Durchschnitt folglich enthalten. Vgl. hierzu auch Euclid Network (2022).
- 393** Beispiele für innovative soziale Prozesse können sein: Homeoffice, Verbindung Arbeit/Freizeit, flexible Lebensarbeitszeitmodelle, Mentoring-Programme, Girls'/Boys' Day, inklusive Arbeitsplätze, Brückenpraktika.
- 394** Beispiele für soziale Produkte können sein: Telepflege, nachhaltiger Tourismus, Tauschbörsen, Mehrgenerationenhäuser, Tausch Bildung gegen Wohnen, Verwertung aussortierter Lebensmittel, E-Health, Bürgerbusse, Carsharing, Nachhilfe-Videoplattformen, Heimwegtelefon, Mikrokredite, Crowdfunding.
- 395** Datengrundlage ist das Mannheimer Innovationspanel (MIP). Es wurde 2023 erstmals die Frage gestellt, ob seit 2020 soziale Innovationen innerhalb des Unternehmens eingeführt wurden und ob ein Unternehmen Produkte oder Dienstleistungen anbietet, die bei den Nutzenden der Produkte oder Dienstleistungen sozial innovatives Verhalten ermöglichen oder unterstützen. Die Ergebnisse sind repräsentativ.
- 396** Vgl. Hippel (1976), Kaufmann, Tanja, Katharina Schiller, Linda Widdel (2022).
- 397** Vgl. Fursov und Linton (2022) Rivieccio et al. (2023).
- 398** Vgl. Hippel (1988) und Hippel (2005).
- 399** Vgl. Biggeri et al. (2017).
- 400** Vgl. beispielsweise Gault (2012) und <https://reconnectproject.medium.com/identifying-nbs-innovations-with-lead-user-method-ad2b0a3faceb> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 401** Vgl. Schweitzer et al. (2015).
- 402** Die Auswertung basiert auf dem SI-Drive-Datensatz. Aufgrund der Art der Datenerhebung kann man nicht davon ausgehen, dass die Ergebnisse repräsentativ sind.
- 403** Die Auswertungen basieren auf dem SI-Drive-Datensatz. Der SI-Drive ist eine internationale, nicht repräsentative Befragung. Eine detaillierte Auswertung nach Themenfeldern ist in Weber et al. (2024: 154ff.) dargestellt.
- 404** Neben dem Zielkonflikt zwischen renditeorientierten Finanzierern und gemeinwohlorientierten Unternehmen könnten die Finanzierungsschwierigkeiten von Sozialunternehmen auch durch den Umstand verstärkt werden, dass Sozialunternehmen häufiger von Frauen geführt werden als „klassische“ Unternehmen. Studien wie Malmström et al. (2020) und Snellman und Solal (2023) zeigen eine Benachteiligung bei von Frauen geführten Unternehmen beim Zugang zu Finanzierung. Lee und Huang (2018) zeigen jedoch auf, dass diese Benachteiligung bei Sozialunternehmen schwächer ausgeprägt ist.
- 405** Der DSEM ist nicht repräsentativ. Für die dargestellten Ergebnisse wurden nur Unternehmen einbezogen, die die Frage, ob sie ein Sozialunternehmen sind, mit ja beantwortet haben. Mehrfachnennungen waren bei den genannten Hemmnissen möglich.

- 406 Basierend auf dem KfW-Gründungsmonitor zeigt Metzger (2019), dass „junge“ Sozialunternehmerinnen und Sozialunternehmen häufiger Kapital, insbesondere bis zu 25.000 Euro, benötigen als andere Jungunternehmerinnen und Jungunternehmer. Der Begriff „junge“ Sozialunternehmen umfasst Sozialunternehmerinnen und Sozialunternehmer, die sich höchstens fünf Jahre zuvor mit einem 2017 noch aktiven Projekt selbstständig gemacht hatten. Im Vordergrund des Projektes stehen soziale oder ökologische Anliegen, während erwerbswirtschaftliche Ziele nachrangig sind. Der Anteil von Sozialunternehmen an allen Jungunternehmen liegt bei 9 Prozent.
- 407 Europa bezieht sich hier auf die 21 am ESEM teilnehmenden europäischen Länder: Vgl. hierzu Euclid Network (2022).
- 408 Die Auswertung der Rechtsform der im DSEM befragten Sozialunternehmen zeigt, dass 22 Prozent der befragten Sozialunternehmen als Rechtsform eine GmbH angeben, 20,4 Prozent eine gemeinnützige GmbH, 16,7 Prozent sind ein gemeinnütziger Verein, 12 Prozent sind Unternehmensgesellschaften (haftungsbeschränkt). Weitere genannte Rechtsformen sind beispielsweise Einzelunternehmen, gemeinnützige Unternehmensgesellschaft, Gesellschaft bürgerlichen Rechts, nicht-gemeinnütziger eingetragener Verein, Genossenschaften, Aktiengesellschaften.
- 409 Vgl. OECD (2022).
- 410 Auf die Frage, ob ein für Sozialunternehmen spezieller Rechtsstatus vorhanden und ggf. sinnvoll wäre, antworten die im DSEM befragten Sozialunternehmen mit 56,6 Prozent, dass es keinen Rechtsstatus für Sozialunternehmen gibt, es diesen in Zukunft aber geben sollte. 8,4 Prozent sagen, dass es einen Rechtsstatus für Sozialunternehmen gibt und dieser von Nutzen ist. 8,7 Prozent sind der Meinung, dass der bestehende Rechtsstatus ungeeignet ist. 12,5 Prozent der befragten Sozialunternehmen sehen keinen Bedarf, eine spezifische Rechtsform für Sozialunternehmen einzuführen.
- 411 Vgl. Die Bundesregierung (2014).
- 412 Die Bundesregierung (2014: 11).
- 413 Vgl. Die Bundesregierung (2014).
- 414 Vgl. BMBF (2021a).
- 415 Vgl. Die Bundesregierung (2023d: 27).
- 416 Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 4 hier insbesondere Fußnote 11).
- 417 Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 1).
- 418 Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 42 ff.).
- 419 Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 38 ff.).
- 420 Vgl. Weber et al. (2024).
- 421 Das Mannheimer Innovationspanel (MIP) hat bereits in der Befragungswelle 2023 soziale Innovationsaktivitäten thematisiert.
- 422 Vgl. Die Bundesregierung (2023b: 22 ff.) und Die Bundesregierung (2023b: 44 ff.).

B 4

- 423 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2022: Kapitel B 1).
- 424 Die in diesem Kapitel enthaltenen Analysen zu KI-Publikationen basieren auf Daten des Web of Science.
- 425 In Europa lässt sich eine Software bzw. ein Computerprogramm allein nicht durch ein Patent schützen. Jedoch können Erfindungen, die Software nutzen, patentiert werden. Das heißt auch, dass Erfindungen, die KI nutzen, patentiert werden können. Sie fallen unter die computerimplementierten Erfindungen. Diese sind als Erfindungen definiert, die Computer, Computernetze oder andere programmierbare Vorrichtungen umfassen, wobei mindestens ein Merkmal durch ein Programm realisiert wird. Vgl. <https://www.epo.org/de/news-events/in-focus/ict/artificial-intelligence> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 426 Transnationale Patentanmeldungen sind Patentanmeldungen, die am Europäischen Patentamt oder als Patent-Cooperation-Treaty-Anmeldung (PCT-Anmeldung) für außereuropäische Länder eingereicht werden. Eine transnationale Patentanmeldung wird von einer Anmelderin oder einem Anmelder gewählt, wenn die Erfindung in verschiedenen nationalen Märkten verwertet werden soll. Für die Patentstatistik und die damit verbundenen Indikatoren ergeben sich zwei Vorteile aus der Verwendung der Daten der internationalen Ämter (Europäisches Patentamt – EPA und World Intellectual Property Organization – WIPO). Erstens sind die transnational angemeldeten Patente von größerer Relevanz. Zweitens ist auf dieser Basis eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Volkswirtschaften möglich als auf der Grundlage nationaler Patentdaten.
- 427 Vgl. EFI (2019: 27).
- 428 Vgl. Döbel et al. (2018: 8).
- 429 Vgl. Bommasani et al. (2022).
- 430 Vgl. Maslej et al. (2023: 54).
- 431 Aleph Alpha zählte 2023 zu den 20 besonders hervorzuhebenden KI-Start-ups, die im Rahmen der Veröffentlichung der sechsten KI-Startup Landscape des appliedAI Institute for Europe benannt

- wurden. Vgl. <https://www.appliedai-institute.de/hub/2023-ai-german-startup-landscape> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Zu den von einer Jury gewählten Start-ups zählen im Einzelnen Aleph Alpha, askUI, Brighter AI, Celus, Deepset, Frequenz, Helsing, HQS Quantum Simulations, Hyperganic, Luminovo, Navvis, Parloa, Paretos, Qdrant, Scoutbee, SPREAD, Taktile, Twice, Ultimate.ai und ZenML.
- 432 Vgl. <https://docs.aleph-alpha.com/docs/introduction/model-card/#training-details> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 433 Vgl. <https://the-decoder.com/gpt-4-architecture-datasets-costs-and-more-leaked/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Es gibt keine offiziellen Angaben zur Modellgröße von GPT-4.
- 434 Vgl. <https://www.iis.fraunhofer.de/de/magazin/serien/kuenstliche-intelligenz-ki-serie/edge-ai-uebersicht.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 435 Vgl. <https://www.hhi.fraunhofer.de/en/departments/ai/research-groups/efficient-deep-learning/research-topics/federated-learning.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 436 Die Publikationen werden dem Land der zuerst genannten Organisationszugehörigkeit der Autorinnen und Autoren zugeordnet. Bei Publikationen mehrerer Autorinnen und Autoren erfolgt eine anteilige Zuordnung.
- 437 Unter den Ländern der EU-27 gingen die Anteile am stärksten zurück in Spanien (– 2,5 Prozentpunkte), Frankreich (– 2,0 Prozentpunkte), Deutschland (– 1,4 Prozentpunkte), Italien (– 1,1 Prozentpunkte) und Griechenland (– 0,7 Prozentpunkte).
- 438 Vgl. Maslej et al. (2023: 44 ff.).
- 439 Vgl. Maslej et al. (2023: 47). Ahmed et al. (2023) berichten, dass der Anteil der Forschungsbeiträge mit mindestens einer Autorin bzw. einem Autor aus der Industrie bei führenden KI-Konferenzen von 22 Prozent im Jahr 2000 auf 38 Prozent im Jahr 2020 gestiegen ist.
- 440 Vgl. Maslej et al. (2023: 48).
- 441 Patente werden einem Land zugerechnet, wenn der Wohnort der Erfinderinnen und Erfinder dort liegt.
- 442 Unter den EU-27-Ländern sank Frankreichs Anteil um 2,5 Prozentpunkte, Finnlands Anteil um 1,5 Prozentpunkte. Italiens, Spaniens und Dänemarks Anteile sanken um je rund 1 Prozentpunkt. Der Anteil der Niederlande stieg hingegen um rund 1,5 Prozentpunkte.
- 443 Vgl. hierzu und im Folgenden Maslej et al. (2023: 50). Von den sechs nicht dem Wirtschaftssektor zuzurechnenden Systemen entstammen drei dem akademischen Bereich, zwei Forschungskollektiven und eines der Zusammenarbeit des Wirtschaftssektors mit dem akademischen Bereich. Bei der Entwicklung dieser Modelle fungiert der Wirtschaftssektor stärker als noch vor zehn Jahren als treibende Kraft. Die 38 bedeutenden Modelle des Maschinellen Lernens, die im Jahr 2022 veröffentlicht wurden, werden wie folgt Kategorien zugeordnet. Language: 23; Multimodal: 4; Drawing: 3; Vision: 2; Speech: 2; Text-to-Video: 1; Other: 1; Games: 1; ohne Kategorie: 1. Vgl. Maslej et al. (2023: 49).
- 444 Vgl. Maslej et al. (2023: 56 f.), <https://epochai.org/blog/machine-learning-model-sizes-and-the-parameter-gap> und <https://epochai.org/blog/trends-in-the-dollar-training-cost-of-machine-learning-systems> (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 445 Vgl. <https://www.semianalysis.com/p/the-ai-brick-wall-a-practical-limit> und https://thegradiant.pub/why-transformative-artificial-intelligence-is-really-really-hard-to-achieve/?mj_campaign=nl_ref&mj_content=zeitde_text_link_x&mj_medium=nl&mj_source=int_zonaudev_Nat%C3%BCrlich%20intelligent (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 446 Vgl. hierzu und im Folgenden Maslej et al. (2023: 58).
- 447 Vgl. Maslej et al. (2023: 59). Der Artificial Intelligence Index Report 2023 des HAI ordnet Stable Diffusion Deutschland zu, GPT-NeoX-20B den USA, dem Vereinigten Königreich, Deutschland sowie Indien zu und Imagen Kanada zu.
- 448 Vgl. <https://falconllm.tii.ae/index.html> und <https://docs.mistral.ai/> (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 449 Vgl. EFI (2018: Kapitel B 1).
- 450 Vgl. z. B. Acemoglu et al. (2023).
- 451 Vgl. z. B. Brynjolfsson et al. (2019).
- 452 Vgl. Rammer et al. (2022) und Czarnitzki et al. (2023).
- 453 Die möglichen Reifegrade des KI-Einsatzes in Unternehmen werden beispielsweise von der Initiative appliedAI definiert. Vgl. <https://www.appliedai.de/loesungen-services/strategie-transformation> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 454 Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine aktuelle Umfrage des Statistischen Bundesamts. Vgl. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/11/PD23_453_52911.html (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 455 Vgl. im Folgenden EFI (2022: Kapitel B 1).
- 456 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2022: Kapitel B 1).

- 457 Vgl. EFI (2022: 41 f.).
- 458 Vgl. EFI (2022: Kapitel B 1).
- 459 Vgl. European Commission (2021a: 31).
- 460 Vgl. z. B. Luitse und Denkena (2021).
- 461 Vgl. z. B. Bommasani et al. (2023) und <https://spectrum.ieee.org/open-source-llm-not-open> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 462 Vgl. Blind et al. (2021).
- 463 Vgl. z. B. Bommasani et al. (2023) und <https://spectrum.ieee.org/open-source-llm-not-open> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 464 Vgl. z. B. Bommasani et al. (2023) und <https://spectrum.ieee.org/open-source-llm-not-open> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 465 Vgl. z. B. Widder et al. (2023). Auch ein Wechsel zu einem offeneren Lizenzsystem ist möglich. So hat Microsoft sein Ph-2 Small Language Model im Januar 2024 unter die sogenannte MIT-Lizenz gestellt. Diese Lizenz hat ihren Ursprung am Massachusetts Institute of Technology (MIT) und ermöglicht unkompliziert und sehr freizügig Weiterentwicklungen und Implementierungen von MIT-lizenziertem Quellcode in eigene Anwendungen.
- 466 Vgl. GPT-2: 1.5B release (openai.com) und openai-community/gpt2-xl · Hugging Face (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 467 Vgl. z. B. Bommasani et al. (2023) und <https://spectrum.ieee.org/open-source-llm-not-open> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Einen aktuellen Überblick über die Literatur zu Open-Source-Software gibt z. B. Blind et al. (2021).
- 468 Zwei Beispiele für Python-Module mit einem Fokus auf Machine Learning, die auf Github entwickelt werden, sind die Pakete Scikit-Learn <https://github.com/scikit-learn/scikit-learn> und Keras <https://github.com/keras-team/keras> (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 469 Als Nachteil von Open-Source-Grundlagenmodellen wird das potenziell erhöhte Sicherheitsrisiko durch die breitere Nutzerschaft diskutiert. Da der Algorithmus öffentlich zugänglich ist, könnte er auch von Schadakteuren missbraucht werden. Vgl. z. B. Seger et al. (2023: 13).
- 470 Vgl. <https://www.techopedia.com/de/llama-killer-falcon-180b-open-source-ki-ist-mit-aufholjagd-fertig> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 471 Definition in Anlehnung an Granstrand und Holgersson (2020).
- 472 Vgl. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html?FIT=1> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 473 Vgl. <https://www.iml.fraunhofer.de/de/unser-institut/projekte/silicon-economy.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 474 Vgl. <https://www.sovereigntechfund.de/de/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Der im September 2022 aufgesetzte Sovereign Tech Fund wird aus Mitteln des BMWK finanziert und ist in der SPRIND GmbH verortet.
- 475 Vgl. <https://openwebsearch.eu/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 476 Projektpartner sind Aleph Alpha, ControlExpert, DFKI, Fraunhofer IAIS, Fraunhofer IIS, KI Bundesverband, Ionos, Forschungszentrum Jülich, WDR und Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen. Vgl. <https://opengpt-x.de/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 477 Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/06/50-millionen-foerderung-fuer-ki-kompetenzzentren.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Das DFKI wird vom BMBF und den Sitzländern über Projektmittel gefördert. Die anderen fünf KI-Kompetenzzentren werden seit Mitte des Jahres 2022 vom BMBF und dem jeweiligen Sitzland institutionell gefördert.
- 478 Vgl. <https://ki-zentren.net/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 479 Eine ELLIS-Unit verfügt über ein jährliches Budget von 1,5 Millionen Euro. Ein ELLIS-Institut verfügt über wesentlich größere Ressourcen. Neben dem Aufbau neuer Forschungsinfrastrukturen wird ein jährliches Budget von bis zu 30 Millionen Euro bereitgestellt. Vgl. <https://ellis.eu/sites> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Derzeit gibt es 41 ELLIS-Units in 16 europäischen Ländern, darunter allein zehn in Deutschland. In Deutschland sind ELLIS-Units in Tübingen, Freiburg, Heidelberg, München, Stuttgart, Darmstadt, Potsdam, Berlin, Jena und Saarbrücken vertreten. Vgl. <https://ellis.eu/units> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Langfristig ist es das Ziel, zusätzlich eine Reihe von ELLIS-Instituten als lokale Leuchttürme für KI-Spitzenforschung zu etablieren. Vgl. <https://ellis.eu/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Im Juli 2023 wurde das erste ELLIS-Institut des Netzwerks in Tübingen gegründet; es wird den Innovationscampus Cyber Valley ergänzen. Vgl. <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/europaweit-erstes-ellis-institut-geht-in-tuebingen-an-den-start> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 480 Vgl. hierzu und im Folgenden <https://claire-ai.org/vision/>, <https://claire-ai.org/about/>, <https://>

- futurium.ec.europa.eu/system/files/ged/claire-in-a-nutshell.pdf (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).
- 481 CLAIRE strebt an, ein europaweites Netzwerk von Exzellenzzentren in der KI zu schaffen und einen CLAIRE Hub als eine zentrale Einheit mit einer hochmodernen Infrastruktur einzurichten. Vgl. <https://claire-ai.org/vision/> und <https://claire-ai.org/about/?lang=de> (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024). Eines von acht CLAIRE-Büros befindet sich in Saarbrücken am DFKI. Dem Bündnis gehören rund 60 deutsche Einrichtungen an. Vgl. <https://claire-ai.org/office-saarbruecken/#membersde> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 482 Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Ein Großteil (85) dieser Professuren wurde über das Tenure-Track-Programm berufen. 24 Professuren wurden an KI-Kompetenzzentren berufen, 15 Professuren entstanden in Kooperation zwischen außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Hochschulen und acht Professuren über Programme der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Weiterhin gelang es, 18 Alexander-von-Humboldt-Professuren für KI zu berufen.
- 483 Vgl. <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-indikatoren-include-elemente/articles/include-element-vom-bund-ingerichtete-ki-professuren.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Insbesondere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bereich KI zeigen eine relativ hohe internationale Mobilität. Vgl. Coda-Zabetta et al. (2024).
- 484 Vgl. hierzu und im Folgenden BMBF (2023a: 26).
- 485 Vgl. <https://zuseschoolrelai.de/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 486 Vgl. <https://www.bmbf.de/bmbf/de/europa-und-die-welt/vernetzung-weltweit/internationalisierungsstrategie/internationale-zukunftslabore/internationale-zukunftslabore-kuenstliche-intelligenz.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 487 Vgl. <https://www.forschung-fachhochschulen.de/fachhochschulen/de/massnahmen/ki-nachwuchs-fh/ki-nachwuchs-fh.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 488 Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html?STU=1> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 489 LinkedIn generiert diese Kennzahl, indem es die Häufigkeit der von LinkedIn-Nutzerinnen und -Nutzern selbst hinzugefügten Fähigkeiten in einem bestimmten Bereich berechnet und diese Zahlen dann mit einem statistischen Modell neu gewichtet, um die 50 repräsentativsten Fähigkeiten in diesem ausgewählten Beruf zu ermitteln. Vgl. Maslej et al. (2023: 182).
- 490 Die relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen zeigt für ein bestimmtes Land die Summe der Durchdringungsraten der einzelnen KI-Kompetenzen über die verschiedenen Berufe als Anteil am globalen Durchschnitt in jeweils demselben Beruf an.
- 491 Nicht für alle in diesem Kapitel betrachteten Länder liegt die relative Durchdringungsrate von KI-Kompetenzen vor. Es fehlen China und Japan. Zudem liegt kein Wert für die EU-27 vor.
- 492 Vgl. hierzu Büchel et al. (2023: 7).
- 493 Die Zahl offener Stellen auf Basis von Online-Stellenanzeigen lag im ersten Quartal 2022 bei rund 4,5 Millionen und im ersten Quartal 2023 bei rund 4,2 Millionen. Vgl. Büchel et al. (2023: 6).
- 494 Vgl. Akademie für Künstliche Intelligenz im KI Bundesverband (2023) und Krizhevsky et al. (2012).
- 495 Ahmed und Wahed (2020) sprechen von einem Compute Divide, wenn sich große Unternehmen und Eliteuniversitäten den Zugang zu Rechenkapazität leisten können, während die Forschung von Start-ups sowie mittleren und kleinen Universitäten erschwert wird. Komplementär zur Recheninfrastruktur sind auch Kompetenzen im Bereich GPU notwendig.
- 496 Vgl. <https://developer.nvidia.com/blog/openai-presents-gpt-3-a-175-billion-parameters-language-model/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).
- 497 Dazu plant das BMBF, gezielte Kooperationen zwischen staatlichen und privaten Akteuren voranzutreiben und zudem das Gauss Centre for Supercomputing, Nationales Hochleistungsrechnen und europäische Kooperation im Rahmen von EuroHPC als Fundament der deutschen Recheninfrastruktur weiter zu stärken sowie für Anwendungen insbesondere im europäischen Zusammenhang zu öffnen. Darüber hinaus soll, beginnend mit JUPITER, der Bau von Höchstleistungsrechnern der Exascale-Klasse gefördert und über die KI-Servicezentren Zugang zu KI-spezifischer Recheninfrastruktur in der Breite geschaffen werden. Vgl. BMBF (2023a).
- 498 Für das Trainieren von Grundlagenmodellen häufig genutzte Quellen sind Common Crawl und Wikipedia. Als Basis für das Vortrainieren des Meta-Modells Llama machen Common Crawl 67 Prozent und Wikipedia 4,5 Prozent des Datenmaterials (Sampling proportion) aus. Vgl. Touvron et al. (2023).
- 499 Der Deutsche Bundestag hat im Mai 2023 die Finanzmittel für das von BMI und BMWK geplante

Dateninstitut freigegeben. Es soll das Datenteilen und Datenauswerten insbesondere über Sektorengrenzen hinweg fördern und dafür erforderliche Governance-Modelle entwickeln. Schon in der Aufbauphase soll mit Use Cases gestartet werden. Vgl. <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/it-und-digitalpolitik/it-des-bundes/dateninstitut/dateninstitut-node.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Ziel des Gesundheitsdatennutzungsgesetzes ist es u. a., dezentral gespeicherte Gesundheitsdaten leichter auffindbar zu machen sowie bürokratische Hürden für Datennutzende zu reduzieren. Dabei wird auch auf die Potenziale künstlicher Intelligenz verwiesen. Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/presse/pressemitteilungen/bundestag-verabschiedet-digitalgesetze-pm-14-12-23.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). Zudem ist ein Mobilitätsdatengesetz geplant, das laut BMDV im Laufe des Jahres 2024 verabschiedet werden soll. Vgl. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/081-wissingmobiliitaetsdatengesetz.html> (letzter Abruf am 15. Januar 2024).

500 So forscht bereits das von der EU und dem BMWK geförderte Projekt Gaia-X 4 KI an dem Aufbau eines Daten- und Dienste-Ökosystems für das Trainieren und Validieren von KI-Anwendungen. Vgl. <https://www.gaia-x4ki.eu/> (letzter Abruf am 15. Januar 2024). In der Vorstudie Datenraum Manufacturing-X werden vortrainierte KI-Modelle zur Überwachung von Anlagen und Komponenten als relevanter Anwendungsfall genannt. Vgl. Otto et al. (2023: 41).

501 Vgl. BMBF (2023a: 11).

502 Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/data-governance-act> und <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/data-governance-act-explained> (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).

503 Vgl. hierzu und im Folgenden Rammer (2023a). Zur Berechnung der Zahl der KI-Start-ups wurden neben der Plattform appliedAI weitere Quellen genutzt, u. a. die Plattform Lernende Systeme, Crunchbase sowie eine webbasierte Analyse von Unternehmensaktivitäten mit der ISTARI webAI. Dabei wurden Unternehmen auf Basis der aktuell vorliegenden Tätigkeiten und Geschäftsmodelle klassifiziert. Die KI-Aktivität muss also nicht schon zum Zeitpunkt der Gründung bestanden haben.

504 Das ZEW führt die Abnahme auf die gestiegene Anzahl von Marktaustritten in den Jahren der Corona-Pandemie und die konjunkturelle Abschwächung im Jahr 2022 zurück. Vgl. Rammer (2023a: 9 f.).

505 Hauptgrund für einen Verzicht auf die Inanspruchnahme von Wagniskapital war der Wunsch nach voller Kontrolle über strategische Entscheidungen. Vgl. Rammer (2023a: 22).

506 Vgl. Die Bundesregierung (2018).

507 Vgl. Die Bundesregierung (2019).

508 Vgl. Die Bundesregierung (2020).

509 Vgl. hierzu und im Folgenden BMBF (2023a).

510 Die Handlungsfelder sind im Bereich Infrastruktur: „Die Forschungsbasis weiter konsequent stärken“, „Eine Forschungsagenda für neue Perspektiven aufsetzen“, „Die KI-Infrastruktur zielgerichtet ausbauen“, „Eine KI-Kompetenzoffensive forcieren“; im Bereich Anwendung und Transfer: „Den Transfer von KI in Wachstum und wirtschaftliche Chancen forcieren“, „KI im Bereich Gesundheit: gesellschaftlicher Nutzen für alle“, „Den gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Nutzen von KI gezielt erschließen“, „Erforschen und Gestalten von KI basierten Technologien im Bildungssystem“; im Bereich Erfolgsbedingungen: „Den europäischen und internationalen Schulterschluss noch stärker suchen“, „Den gesellschaftlichen Dialog & die multidisziplinäre Forschung zu KI vorantreiben“, „Eine passfähige, agile und innovationsfreundliche Regulierung beschließen“. Vgl. BMBF (2023a).

511 Vgl. Die Bundesregierung (2023d).

512 Vgl. hierzu und im Folgenden o. V. (2023).

513 Vgl. Die Bundesregierung (2023a).

514 Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/artificial-intelligence/>, <https://www.consilium.europa.eu/de/press/presse-releases/2023/12/09/artificial-intelligence-act-council-and-parliament-strike-a-deal-on-the-first-worldwide-rules-for-ai/>, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6473, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231206IPR15699/artificial-intelligence-act-deal-on-comprehensive-rules-for-trustworthy-ai>, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_21_1683 (letzter Abruf jeweils am 15. Januar 2024).

515 Vgl. BMBF (2023a).

C7 F&I-Dashboard

Die Dokumentation der Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandortes Deutschland ist ein fester Bestandteil der Berichterstattung der Expertenkommission. Die Darstellung erfolgt anhand verschiedener Indikatoren, die einen Rückschluss auf die Leistungsfähigkeit und Dynamik des deutschen Forschungs- und Innovationssystems zulassen sowie einen Vergleich mit wichtigen Volkswirtschaften ermöglichen.

Die zum Berichtsjahr 2024 aktualisierten Indikatoren sind auf dem F&I-Dashboard unter <https://www.e-fi.de/dashboard> sowie unter folgendem QR-Code aufrufbar:



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.

© 2024 EFI, Berlin.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk einschließlich all
seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist
ohne Zustimmung der Herausgeberin unzulässig.

Zitierhinweis

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2024):
Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer
Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024, Berlin: EFI.

Gestaltung

GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH
für Kommunikation und Medien,
Marketing und Gestaltung: Sophie Popp,
Illustrationen: Gerd Schröder; groothuis.de

Produktion

MKL Druck GmbH & Co. KG, Ostbevern

Redaktionsschluss: 15. Januar 2024

Die im Jahresgutachten 2024 verwendeten Abbildungen und
Tabellen sowie die dazugehörigen Datensätze stehen in der Online-
Version des Gutachtens sowie auf www.e-fi.de zum Herunterladen
bereit.

