



GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,  
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER  
LEISTUNGSFÄHIGKEIT  
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION  
FORSCHUNG  
UND INNOVATION

EFI

GUTACHTEN  
2026 2027 2028  
2029 2030 2031  
2032 2033 2034





GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,  
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER  
LEISTUNGSFÄHIGKEIT  
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION  
FORSCHUNG  
UND INNOVATION

EFI

# GUTACHTEN 2026

### Unser Dank gilt

Joshua Allen, Dr. Román Arjona, Prof. Sam Arts, Ph.D., Annabelle Ascher, Prof. Dr. Christian Baccarella, Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner, Dr. Annette Barkhaus, Prof. Dr. Matthias Baum, Dr. Christian Berghoff, Kevin Berghoff, Ute Bernhardt, Prof. Dr. Jörn Block, Dr. Sarah Bressan, Dr. Siegrun Brink, Prof. Dr. Tom Brökel, Dr. Fleming Bruckmaier, Isinsu Bulus, Prof. Dr. Uwe Cantner, Eric Canton, Ph.D., Dr. Effrosyni Chelioti, Prof. Dr. Stefan Constantinescu, Dr. Jano Costard, Prof. Dr. Dirk Czarnitzki, Barbara Diehl, Daniele Dosi, Prof. Dr. Carsten Dreher, Lukas Dreier, Anca Dumitrescu Goranov, Thomas Elsner, Prof. Dr. Michael Esig, Dr. Marc Evers, Prof. Dr. Oliver Falck, Verena Fennemann, Andrea Frank, Max Gahntz, Nikolaj Groeneweg, Dr. Oliver Grün, Max Gulde, Ph.D., Michael Hagedorn, Dr. Thomas Hahn, Leonard Hanschur, Bernd H. Harder, Dr. Marton Herczeg, Rudolf Hielscher, Tobias Hoffmann, Ph.D., Harald Holzer, Cécile Huet, Ph.D., Prof. Dr. Christian Hummert, Dr. Alexander Ilic, Dr. Thibauld Jongen, Robert Jozic, Marc Kley, Dr. Katharina Kloke, Dr. Tina Klüwer, Dr. Gesa Koglin, Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller, Prof. Dr. Rafaela Kraus, Dr. Ronald Kriedel, Prof. Dr. Antonio Krüger, Shyam Krishna, Ph.D., Claudia Labisch, Rafael Laguna de la Vera, Dr. Rainer Lange, Dr. Ioannis Legouras, Prof. Dr. Dr. h.c. Maria Leptin, Dr. Andreas Liebl, Nathanael Liminski, Daniel Mack, David Mair, Dr. Christoph March, Evangelia Markidou, Bertin Martens, Ph.D., Dr. Michael May, Armando Melone, Prof. Dr. Christoph Meyer, Dr. Uwe Möller, Simon Moser, Dr. Simon Müller, Maximilian Negele, Janis Neufeld, Eoghan O'Neill, Ludger Odenthal, Dr. Johannes Otterbach, Prof.

Dr.-Ing. Christof Paar, Dr. Paolo Pasimeni, Viorel Peca, Dr. Gisela Philipsenburg, Maurits Pino, Prof. Dr. Rupprecht Podszun, Dr. Heiko Prange-Gstöhl, Dr. Christian Rammer, Manfred Rauhmeier, Dr. Christian Rebhan, Victoria Reichl, Dr. Paul Richter, Felicitas Riedl, Prof. Dr.-Ing. Michael Riesener, Henning Rockmann, Prof. Dr. Walter Rosenthal, Melanie Rüther, Prof. Dr. Robert Schlögl, Dr. Mario Scharfbillig, Michiel Scheffer, Dr. Bettina Schelkle, Tillman Schenk, Dr. Carsten Schierenbeck, Prof. Dr. Uwe Schimank, Antonio Schmandke, Ph.D., Thomas Schmidt, Ralph Schmitt-Nilson, Bente Schneider-Pott, Dr. Peter Schniering, Prof. Dr. Helmut Schönenberger, Prof. Dr. Ferdi Schüth, Prof. Fiona M. Scott Morton, Ph.D., Dr. Marlène Siméon, Sabine Simmross, Lucilla Sioli, Ph.D., Prof. Dr.-Ing. Philipp Slusallek, Dominik Sobczak, Dr. Wieland Staessens, Jan-Tjibbe Steeman, Philipp Steevens, Christoph J. Stresing, Prof. Simone Tagliapietra, Ph.D., Dr. Philipp Tontsch, Prof. Dr. Reinhilde Veugelers, Dr. Josef Waltl, Prof. Jonathan Wareham, Ph.D., Toby Webster, Lisa Wetzig, Dr. Angelo Wille, Prof. Dr. Stefan Wrobel, Prof. Dr. Stefano Zacchiroli,

deren Expertise mit in das diesjährige Gutachten eingeflossen ist.

Ferner danken wir allen Expertinnen und Experten, 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 (Vorsitzende)

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim, Forschungsbereich Digitale Ökonomie, und Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Professur für Ökonomie der Digitalisierung

### Prof. Dr. Guido Bünstorf

Universität Kassel, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Fachgebiet Wirtschaftspolitik, Innovation und Entrepreneurship, und International Center for Higher Education Research (INCHER)

### Prof. Dr. Carolin Häussler (stellvertretende Vorsitzende)

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

### Prof. Dr. Joachim Henkel

Technische Universität München, TUM School of Management, Dr. Theo Schöller-Stiftungslehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement

### Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph M. Schmidt

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e. V. und Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik und Angewandte Ökonometrie an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft der Ruhr-Universität Bochum

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

Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn und Universität Siegen, Fakultät III Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsrecht, Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Management von kleinen und mittleren Unternehmen und Entrepreneurship

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen 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  
Dr. Friederike Heiny  
Dr. Petra Meurer  
Antje Michna  
Dr. Christoph Oslislo  
Dr. Frauke Stehr  
Dr. Johannes Stiller

## Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Kommissionsmitglieder

**Dr. Marc Diederichs** Universität Passau, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Organisation, Technologiemanagement und Entrepreneurship

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

**Emil Etschmann** Technische Universität München, TUM School of Management, Dr. Theo Schöller-Stiftungslehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement

**Florian Neubauer, Ph.D.** RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e. V.

**Robin Nowak** Universität Passau, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Organisation, Technologiemanagement und Entrepreneurship

**Dr. Markus Rieger-Fels** Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn

**Maria Theissen** Universität Kassel, Institut für Volkswirtschaftslehre, Fachgebiet Wirtschaftspolitik, Innovation und Entrepreneurship



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
Kurzfassung	12

## A AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN

A 1 Umsetzung der Hightech Agenda Deutschland	20
A 2 Sicherheitsrelevante Forschung und Innovation	33
A 3 Europäische F&I-Politik	41
A 4 Ein 28. Regime für den europäischen Binnenmarkt	47

## B KERNTHEMEN 2026

B 1 Innovationen im Mittelstand	54
B 2 Wettbewerb und Innovation im deutschen Hochschulsystem	72
B 3 Entwicklung und Anwendung von künstlicher Intelligenz in Deutschland und Europa	102

## C VERZEICHNISSE

<b>C1</b>	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen	127
<b>C2</b>	Abkürzungsverzeichnis	130
<b>C3</b>	Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem	133
<b>C4</b>	Literaturverzeichnis	134
<b>C5</b>	Endnotenverzeichnis	143
<b>C6</b>	F&I-Dashboard	170

# Vorwort

**D**as deutsche Forschungs- und Innovationssystem (F&I-System) steht vor großen Herausforderungen: Die wirtschaftliche Wachstumsschwäche hält an. Neue Technologien, allen voran die künstliche Intelligenz, bergen große Potenziale, stellen aber auch etablierte Geschäftsmodelle in Frage. Gleichzeitig kommt die Digitalisierung nur schleppend voran. Geopolitische Spannungen verschärfen den Innovationswettbewerb und die technologischen, oft einseitigen Abhängigkeiten von Anbietern aus den USA oder China. Gefragt ist eine beherzte F&I-Politik, die auf Schlüssel- und Zukunftstechnologien setzt, innovationsfreundliche Rahmenbedingungen schafft und die Akteure des F&I-Systems von bürokratischen Fesseln befreit.

Die neue Bundesregierung hat erste Schritte in diese Richtung unternommen. Mit der Hightech Agenda Deutschland (HTAD) hat sie ein starkes Signal für die Priorität von F&I gesetzt und dabei den Fokus auf Schlüsseltechnologien wie die künstliche Intelligenz gelegt. Die Einrichtung des Ministeriums für Digitales und Staatsmodernisierung verdeutlicht, dass die Bundesregierung es ernst damit meint, die Digitalisierung in Deutschland endlich mit Nachdruck voranzutreiben und bürokratische Hürden abzubauen.

Mit ihrem Jahresgutachten unterbreitet die Expertenkommission für die Weiterentwicklung der F&I-Politik Vorschläge, die dazu beitragen sollen, diesen Weg erfolgreich fortzusetzen.

Der erste Teil des Jahresgutachtens enthält Überlegungen zur Umsetzung der HTAD. Die HTAD wird ihr großes Potenzial nur dann entfalten können, wenn von ihr kräftige Impulse für massive private Investitionen in F&I ausgehen, vor allem in Schlüsseltechnologien. Um die dafür notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen, braucht es starke Partner, auf nationaler wie auf europäischer Ebene. Die Expertenkommission diskutiert, wie sich die europäische F&I-Politik im Hinblick auf das 10. Forschungsrahmenprogramm stärken lässt und wie die Fragmentierung des europäischen Binnenmarkts im Rahmen eines sogenannten 28. Regimes überwunden werden kann. Begutachtet wird auch die sicherheitsrelevante F&I, denn hier sind weitere Anstrengungen erforderlich, um den anhaltenden geopolitischen Spannungen und hybriden Bedrohungslagen wirksam zu begegnen.

In den Schwerpunktkapiteln im zweiten Teil des Jahresgutachtens greift die Expertenkommission drei Bereiche auf, die wesentlich zur Leistungsfähigkeit des deutschen F&I-Systems beitragen:

- den Mittelstand, dem rund 90 Prozent der Unternehmen in Deutschland angehören und der einen bedeutenden Beitrag zur Innovationskraft der gesamten Wirtschaft leistet. Die Analysen zeigen auf, welche Hemmnisse der Innovationsfähigkeit mittelständischer Unternehmen im Wege stehen und mit welchen F&I-politischen Maßnahmen sie sich überwinden lassen.

- die Hochschulen, aus deren Forschung häufig neue und bahnbrechende Ideen entstehen. Forschung, Lehre und Technologietransfer werden in den Blick genommen und es werden Ideen zur Erweiterung der Handlungsspielräume der Hochschulen entwickelt, damit sie den zunehmenden Wettbewerbsanforderungen begegnen können.
- die künstliche Intelligenz, deren dynamische technologische Entwicklung in Kombination mit ihren umfassenden Anwendungsmöglichkeiten hohe Innovations- und Wachstumspotenziale birgt. Die Expertenkommission befasst sich daher erneut mit dieser besonderen Schlüsseltechnologie und legt eine Analyse der Stärken und Schwächen des KI-Standorts Deutschland im internationalen Vergleich vor.

Mit F&I-Politik allein werden sich die großen Herausforderungen, vor denen unsere Volkswirtschaft steht, nicht überwinden lassen. Gleichwohl wird es ohne eine ambitionierte und mutige F&I-Politik kaum möglich sein, Voraussetzungen zu schaffen für die notwendige Transformation der Wirtschaft und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, für technologische Souveränität und Sicherheit – und nicht zuletzt für mehr Wachstum und Wohlstand. Dies würde die von Bundeskanzler Merz in seiner Neujahrsansprache angekündigte „Zeit des Aufbruchs“ mit dem Leben füllen, das unser Gemeinwesen dringend braucht.

Berlin, 11. Februar 2026

Irene Bertschek

Prof. Dr. Irene Bertschek  
(Vorsitzende)

Carolin Häussler

Prof. Dr. Carolin Häussler  
(stv. Vorsitzende)

Christoph M. Schmidt

Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph M. Schmidt

Guido Bünstorf

Prof. Dr. Guido Bünstorf

Joachim Henkel

Prof. Dr. Joachim Henkel

Friederike Welter

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

# KURZFASSUNG

# Kurzfassung

## A Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen

### A 1 Umsetzung der Hightech Agenda Deutschland

Angesichts ihrer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und für die technologische Souveränität Deutschlands ist die Fokussierung der Hightech Agenda Deutschland (HTAD) auf ausgewählte Schlüsseltechnologien ein wichtiges Signal. Im internationalen Vergleich weist Deutschland vor allem Stärken in den Bereichen klimaneutrale Energieerzeugung sowie klimaneutrale Mobilität auf. Bei den Schlüsseltechnologien künstliche Intelligenz und Mikroelektronik ist Deutschland hingegen relativ schwach positioniert. Das gilt weniger für die Forschung als primär für die Fähigkeit, Neuerungen in der Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien hervorzubringen.

Mit den in der HTAD benannten Hebeln hat die Bundesregierung die zentralen Ansatzpunkte zur Stärkung des Forschungs- und Innovationssystems (F&I-Systems) in Deutschland identifiziert. Ihre konsequente Umsetzung könnte zu einer deutlichen Steigerung der F&I-Aktivitäten beitragen. Eine ambitionierte F&I-Politik allein reicht allerdings nicht aus, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Deutschland zu steigern. Hierzu bedarf es als unabdingbarer Grundvoraussetzung attraktiver allgemeiner Rahmenbedingungen für unternehmerisches Handeln.

Im Rahmen des von der Bundesregierung geplanten 360-Grad-Hightech-Monitorings sollten die finanziellen Anstrengungen der Bundesregierung bei der Umsetzung der HTAD offengelegt werden. Die Expertenkommission unterbreitet im vorliegenden Jahresgutachten diesbezüglich konkrete Vorschläge zum methodischen Vorgehen. Die Outputseite der Schlüsseltechnologien zu erfassen, ist beim Monitoring besonders herausfordernd. Die Expertenkommission empfiehlt, die Diffusion der Schlüsseltechnologien beispielsweise mit Hilfe webbasierter semantischer Verfahren zu betrachten.

### A 2 Sicherheitsrelevante Forschung und Innovation

Damit die Politik in einem Umfeld sich wandelnder Bedrohungslagen informiert und strategisch versiert handeln kann, muss sie auf Expertise zu sicherheitsbezogenen Herausforderungen sowie zu den entsprechenden politischen Handlungsoptionen zurückgreifen können. Die Expertenkommission empfiehlt

daher, im Bereich der sicherheitspolitisch relevanten Forschung und Lehre exzellente Einrichtungen auf- bzw. auszubauen.

Neue technologische Lösungen zur Bewältigung sicherheitspolitischer Herausforderungen werden nicht notwendigerweise von den etablierten Akteuren hervorgebracht. Strukturen für Vernetzungs- und Beratungsaktivitäten können dazu beitragen, die Potenziale von bisher nicht im Sicherheitsbereich tätigen Akteuren zu erschließen. Das neue Innovationszentrum der Bundeswehr bietet z. B. die Möglichkeit, die Zusammenarbeit und den Austausch zwischen Akteuren des F&I-Systems und der Bundeswehr zu verbessern. Die Bundeswehr sollte zudem eine Strategie für Gründungen aus der Bundeswehr entwickeln.

F&I-politische Aspekte sollten bei Beschaffungsprozessen für die Bundeswehr vermehrt berücksichtigt werden. Es gilt, die vergaberechtlichen Möglichkeiten der innovationsorientierten Beschaffung aktiv zu nutzen und hierfür die organisatorischen Voraussetzungen zu schaffen.

Darüber hinaus sollten Sprunginnovationen im Verteidigungsbereich durch den Ausbau der Bundesagentur für Sprunginnovationen SPRIND oder durch die Gründung einer eigenständigen Agentur forciert werden.

### A3 Europäische F&I-Politik

Die EU-Kommission hat 2025 ihren Vorschlag für ein 10. Forschungsrahmenprogramm (FP10) vorgelegt und angekündigt, dieses eng mit dem geplanten Europäischen Wettbewerbsfonds (ECF) zu verknüpfen. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit der EU zu stärken.

Die Expertenkommission befürwortet dieses Ziel. Die Verknüpfung von ECF und FP10 kann dazu führen, dass industrieorientierte, anwendungsnahe Forschung ausgebaut wird. Außerdem kann die Verknüpfung beider Programme kurzfristig den Transfer aus der Forschung in die Anwendung stärken und somit zu mehr Wachstum bei den geförderten Unternehmen beitragen. Allerdings birgt sie das Risiko, dass damit die Grundlagenforschung und die Förderung neuer Ideen und bahnbrechender Innovationen, die eine wichtige Grundlage für die langfristige Sicherung von Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum sind, zu kurz kommen. Die Verknüpfung der beiden Programme sollte daher mit Augenmaß erfolgen.

Die Expertenkommission empfiehlt ferner, Sprunginnovationen gemeinsam mit europäischen Partnerländern zu fördern. Die geplante Einführung ARPA-ähnlicher Mechanismen im Europäischen Innovationsrat (EIC) wäre dafür ein möglicher Schritt, der allerdings zwei Dinge voraussetzt: Der EIC muss zu einer eigenständigen Organisation weiterentwickelt werden, die der Steuerung durch die EU-Kommission entzogen ist. Ferner benötigt er einen mit den ARPA-Institutionen vergleichbaren Kreis unabhängiger Programmmanagerinnen und -manager. Ohne diese politische und operative Unabhängigkeit sollte die Förderung von Sprunginnovationen durch Institutionen außerhalb bestehender EU-Strukturen vorangetrieben werden.

## A 4 Ein 28. Regime für den europäischen Binnenmarkt

Der nach wie vor stark fragmentierte europäische Binnenmarkt stellt Start-ups und Scale-ups, die in andere EU-Länder expandieren wollen, vor Herausforderungen. Die EU-Kommission plant, den Flickenteppich nationaler Vorschriften mit einem sogenannten 28. Regime zu überwinden. Der Begriff 28. Regime bezeichnet in diesem Kontext eine einheitliche Rechtsform für Unternehmen auf EU-Ebene, die zusätzlich zu den bestehenden gesellschaftsrechtlichen Regelungen der 27 Mitgliedstaaten geschaffen wird. Für seine Ausgestaltung liegen verschiedene Konzepte vor.

Die Expertenkommission sieht in den vorliegenden Konzepten wichtige Ansätze, um die Fragmentierung des Binnenmarkts zumindest in Teilen zu überwinden. Sie empfiehlt, die Ausgestaltung eines 28. Regimes an den Bedürfnissen von Start-ups und Scale-ups auszurichten und keine komplizierten Zugangskriterien zu formulieren. Ferner sollte eine neue Rechtsform für Unternehmen mittels Verordnung und nicht mittels Richtlinie umgesetzt werden, um ihre einheitliche Ausgestaltung in allen EU-Mitgliedstaaten sicherzustellen.

Sollte sich für ein 28. Regime innerhalb der EU keine Mehrheit finden oder sich eine Umsetzung per Verordnung nicht durchsetzen lassen, empfiehlt die Expertenkommission die Umsetzung innerhalb einer Koalition der Willigen oder im Rahmen einer gemeinsamen deutsch-französischen Harmonisierungsinitiative.

# B Kernthemen 2026

## B 1 Innovationen im Mittelstand

Der Mittelstand, der aus Unternehmen besteht, bei denen Eigentum und Geschäftsführung zusammenfallen, zeichnet sich durch langfristige Orientierung, regionale Verwurzelung und hohe unternehmerische Verantwortung aus. Mittelständische Unternehmen sind überwiegend kleine und mittlere Unternehmen und seltener als nicht-mittelständische in forschungs- und wissensintensiven Branchen tätig.

Unter Berücksichtigung von Strukturmerkmalen wie Größe und Branchenzugehörigkeit gelang es mittelständischen Unternehmen im Zeitraum 2005 bis 2023 häufiger als vergleichbaren nicht-mittelständischen Unternehmen, Produkt- oder Prozessinnovationen einzuführen. Zudem erzielten sie, trotz geringerer Innovationsausgaben, höhere Umsatzanteile mit Produktinnovationen.

Innovierende Unternehmen sind produktiver als nicht-innovierende Unternehmen mit vergleichbaren Eigenschaften. Bei mittelständischen Unternehmen ist der Unterschied stärker ausgeprägt, insbesondere wenn sie gleichzeitig in

Digitalisierung investieren. Innovationsaktivitäten und Produktivität mittelständischer Unternehmen werden allerdings durch Bürokratie, Fachkräftemangel und wirtschaftliche Risiken von Innovationsvorhaben gehemmt. Zur Stärkung der Innovationskraft schlägt die Expertenkommission daher Maßnahmen vor, die die Rahmenbedingungen in diesen Bereichen verbessern.

Die Expertenkommission empfiehlt u. a. folgende Maßnahmen:

- Der Antragsprozess für die Forschungszulage sollte weiter vereinfacht werden, etwa durch schlankere Erstanträge, vereinfachte Folgeanträge bei bereits geförderten Projekten und eine (teil-)automatisierte Datenerfassung nach dem Once-Only-Prinzip.
- Die Modernisierungsagenda der Bundesregierung und die Föderale Modernisierungsagenda sollten entschlossen vorangetrieben und umgesetzt werden, um bürokratische Hürden abzubauen sowie Verwaltungsverfahren zu vereinfachen und zu digitalisieren.
- Wissen sowie Erfahrungen aus der Praxis sollten systematisch bei der Ausgestaltung konkreter Regulierungen einbezogen werden. Hierzu sollten verstärkt Praxischecks genutzt werden.
- Ein effektiver Regulierungsabbau sollte sich an der Kosten-Nutzen-Relation einzelner Regulierungen im Kontext der Gesamtheit aller Vorschriften und nicht an der reinen Zahl an Regulierungen orientieren. Praxischecks sind starren Regeln – wie One-In-One(Two)-Out – vorzuziehen, denn letztere berücksichtigen nicht den mit den einzelnen Regeln verbundenen Aufwand.
- Das Once-Only-Prinzip muss zeitnah und konsequent umgesetzt werden. Instrumente wie Rulemapping können dabei unterstützen, unnötige Melde- und Dokumentationspflichten zu identifizieren und abzubauen.
- Die Einwanderung qualifizierter Fachkräfte muss vereinfacht und die dazugehörigen Verfahren müssen beschleunigt werden. Die im Koalitionsvertrag vorgesehene Work-and-Stay-Agentur kann alle Verfahren zur Einreise, Anerkennung, Qualifikationen und Erteilung von Aufenthaltstiteln integrieren. Entscheidend für ihren Erfolg sind eine praxisnahe Ausgestaltung, regelmäßige Evaluierung und spürbare Entlastung von Fachkräften, Studierenden und Unternehmen.

## B 2 Wettbewerb und Innovation im deutschen Hochschulsystem

Der Wettbewerb im deutschen Hochschulsystem hat sich infolge gewachsener formaler Autonomie der Hochschulen und der damit verbundenen Hinwendung zu einer „Output-orientierten“ Steuerung deutlich intensiviert. Im Bereich Forschung ist der Wettbewerb um Drittmittel stark ausgeprägt. In seiner aktuellen Ausgestaltung und Umsetzung geht er mit einem erheblichen Personal- und Ressourcenbedarf einher und kann besonders innovative Projektideen benachteiligen.

Im Bereich Lehre hat sich der Wettbewerb um Studierende angesichts stagnierender Studierendenzahlen und wachsender privater Angebote verschärft. Ein qualitätsbasierter Wettbewerb wird jedoch durch fehlende Transparenz über Lehrqualität, Studienerfolg und Arbeitsmarktergebnisse begrenzt. Gleichzeitig verändern Anwendungen künstlicher Intelligenz die Kompetenzanforderungen an Absolventinnen und Absolventen grundlegend. Deutschland ist international ein attraktiver Studienstandort und weist hohe Bleibequoten internationaler Studierender auf, deren Integration und Übergang in den deutschen Arbeitsmarkt jedoch weiterhin auf Hürden stößt.

Der Technologietransfer als zentraler Pfeiler der „dritten Mission“ der Hochschulen gewinnt politisch an Bedeutung, wird in der Praxis jedoch vielfach noch nicht als Kernaufgabe behandelt. Forschungsbasierte akademische Gründungen und Patentanmeldungen waren zuletzt rückläufig, obwohl die Forschung an deutschen Hochschulen zunehmend innovationsrelevant ist. Zentrale Hemmnisse sind unzureichend ausgestattete Transferstrukturen, fehlende Anreize für Transferaktivitäten, langwierige IP-Verhandlungen sowie Brüche in der Förderkette von der Forschung zur Anwendung.

Die Expertenkommission empfiehlt daher u. a. folgende Maßnahmen:

- Die strategische Handlungsfähigkeit der Hochschulen sollte gestärkt und ihre Profilbildung erleichtert werden, indem die Finanzierung stärker an den vielfältigen Aufgaben der Hochschulen ausgerichtet wird, administrative Vorgaben abgebaut und Berufungsverfahren beschleunigt werden.
- Die wettbewerbliche Forschungsförderung sollte agiler und administrativ weniger aufwendig ausgestaltet werden. Spitzenforschung sollte konsequent und ausschließlich nach forschungsbezogenen Exzellenzkriterien gefördert werden.
- Die Hochschullehre sollte so weiterentwickelt werden, dass sie den durch künstliche Intelligenz veränderten Kompetenzanforderungen gerecht wird. Arbeitsmarktbezogene Indikatoren zur Erfassung der Lehrqualität sollten in der Breite etabliert, die Internationalisierung der Lehre ausgebaut und der Übergang internationaler Absolventinnen und Absolventen in den deutschen Arbeitsmarkt erleichtert werden.
- Der Wissenstransfer sollte als dauerhafte Kernaufgabe der Hochschulen institutionell verankert werden. Für den erfolgreichen Transfer ist eine ganzheitliche und akteursoffene Gesamtstrategie erforderlich, die insbesondere das hohe Innovationspotenzial exzellenter Forschung konsequent hebt. Im Rahmen einer Initiative „Transferzeit“ sollten zeitliche Freiräume für Transferaktivitäten geschaffen und IP-Transferprozesse beschleunigt werden. Die im Koalitionsvertrag angekündigten Maßnahmen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Technologietransfer sollten zeitnah umgesetzt und mit dem EU-Fördersystem verzahnt werden.

## B 3 Entwicklung und Anwendung von künstlicher Intelligenz in Deutschland und Europa

Künstliche Intelligenz (KI) birgt enorme Innovationspotenziale und Chancen für wirtschaftliches Wachstum. Sie verspricht Produktivitätssteigerungen und ermöglicht neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Für Deutschland und die EU sind die erfolgreiche Entwicklung und Anwendung von KI daher ein zentraler Hebel, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu sichern, digitale Souveränität zu stärken und Wohlstand langfristig zu erhalten.

Die Analyse zeigt deutlich: Deutschland und Europa verfügen zwar über starke Forschungslandschaften und erste Erfolge bei der Anwendung von KI, liegen aber im internationalen Vergleich, vor allem gegenüber den USA und China, bei der Entwicklung von KI-Modellen und der Umsetzung von KI in die Wertschöpfung zurück.

Um den Vorsprung der USA und Chinas aufzuholen und nicht weiter in technologische Abhängigkeiten zu geraten, sollte die Bundesregierung ihre KI-Strategie europäisch ausrichten. Es gilt, die europäische digitale Souveränität zu stärken und zentrale Elemente der Wertschöpfung in Europa zu realisieren. Dazu ist rasch eine leistungsfähige KI-Infrastruktur aufzubauen, exzellente Forschung und Entwicklung zu fördern, ein innovationsfreundlicher regulatorischer Rahmen zu schaffen sowie die breite wirtschaftliche Anwendung von KI in Deutschland und der EU zu unterstützen.

Die Expertenkommission empfiehlt u. a. folgende Maßnahmen:

- Um das Gesamtinvestitionsvolumen in KI in der EU zu erhöhen, werden neben öffentlichen Fördermitteln dringend private Investitionen benötigt. Dafür ist es unerlässlich, unternehmensfreundlichere Rahmenbedingungen zu schaffen wie z. B. durch ein 28. Regime.
- Deutschland und die EU sollten beim Aufbau von Rechenzentren auf europäischer Ebene dynamische Ausbauziele verfolgen. Um international Anschluss zu halten, sollte sich die EU zum Ziel setzen, innerhalb der nächsten fünf Jahre 10 bis 15 Prozent der weltweiten Rechenkapazität bereitzustellen. Hierzu muss die Privatwirtschaft befähigt werden, den Ausbau zügig voranzutreiben. Insofern Rechenzentren mit staatlichen Mitteln aufgebaut werden, ist ein Begleitmonitoring einzurichten.
- Um die digitale Souveränität zu stärken und sicherheitsrelevante Abhängigkeiten von außereuropäischen KI-Anbietern zu reduzieren sowie die Entwicklung abgeleiteter Modelle zu erleichtern, sollte die Bundesregierung durch eine Förderung auf eine privatwirtschaftliche europäische Kooperation zur Entwicklung eines Open-Source-Grundlagenmodells hinwirken. Da die Wettbewerbsfähigkeit solcher Modelle eine iterative Weiterentwicklung erfordert, sollten die EU und ihre Mitgliedstaaten das Grundlagenmodell dauerhaft als Ankerkunden unterstützen.
- Deutschland und seine europäischen Partner sollten Forschung und Entwicklung an KI-Modellen vorantreiben, die das Potenzial für den nächsten grundlegenden Durchbruch in der globalen KI-Entwicklung bieten. In

Anbetracht hoher Stromkosten sollte die Erforschung und Entwicklung energieeffizienter Modelle systematisch unterstützt werden.

- Ein Kernhemmnis für das Trainieren europäischer KI-Modelle ist der rechtssichere Zugang zu Daten. Dazu sollte die Datenschutz-Grundverordnung entsprechend angepasst werden, um das Trainieren von Grundlagenmodellen zu erleichtern, und Möglichkeiten für das gemeinsame Trainieren spezialisierter Modelle geschaffen werden (beispielsweise Datentreuhändermodelle und der rechtssichere Einsatz von Privacy Enhancing Technologies).

A

# AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUS- FORDERUNGEN



# A 1 Umsetzung der Hightech Agenda Deutschland

Die Bundesregierung hat nach ihrem Amtsantritt sehr zügig ihre strategischen Überlegungen zur Forschungs- und Innovationspolitik (F&I-Politik) vorgestellt. Bereits im Juli 2025 wurde die Hightech Agenda Deutschland (HTAD) beschlossen,<sup>1</sup> die die Zukunftsstrategie der Vorgängerregierung ablöst. Für die Umsetzung der HTAD ist ein finanzieller Gesamtrahmen von 18 Milliarden Euro bis 2029 vorgesehen.

Kennzeichnend für die HTAD ist die Fokussierung auf sechs sogenannte Schlüsseltechnologien (vgl. Box A1-1), für die jeweils Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken identifiziert wurden. Jede dieser Schlüsseltechnologien ist mit konkreten Maßnahmen hinterlegt.

Zwei weitere inhaltliche Schwerpunkte der HTAD betreffen Vorhaben für technologiegetriebene Innovationen in fünf strategischen Forschungsfeldern (vgl. Box A1-4) sowie neun sogenannte Hebel (vgl. Box A1-5) zur Stärkung, Modernisierung und zum Schutz des F&I-Systems. Im Abschnitt „Ausblick und Umsetzung“ werden zudem die Themen Technologie-Roadmaps, Weiterentwicklung des Schlüsseltechnologieportfolios und Monitoring ausgeführt. Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Kapitel notwendige Schritte zur Umsetzung der HTAD diskutiert.

## A 1-1 Schlüsseltechnologien

### Fokussierung auf Schlüsseltechnologien wichtiges Signal

Angesichts ihrer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und für die technologische Souveränität Deutschlands ist die Fokussierung der HTAD auf ausgewählte Schlüsseltechnologien ein wichtiges Signal. Schlüsseltechnologien haben eine große Bedeutung für eine Volkswirtschaft, da sie sich durch besondere Eigenschaften auszeichnen, die sie von anderen Technologien unterscheiden. Dazu zählen eine breite Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Technologiebereichen und Branchen, eine starke, nicht substituierbare Komplementarität zu einer Vielzahl anderer Technologien und ein hohes Potenzial für Leistungssteigerungen bei einer Schlüsseltechnologie selbst oder bei ihren Anwendungsbereichen.<sup>2</sup>

Dabei genügen allerdings nicht alle in der HTAD als Schlüsseltechnologien aufgeführten Bereiche den oben genannten Eigenschaften. So sind Technologien für die klimaneutrale Mobilität keine Schlüsseltechnologie im eigentlichen Sinne. Sie sind stattdessen eher ein strategisches Forschungsfeld, das mehrere unterschiedliche Technologien und Ziele umfasst, beispielsweise alternative Antriebe, Batteriesysteme sowie klimaneutrale Schiff- und Luftfahrt.

Ob sich die Fusion zu einer Schlüsseltechnologie entwickeln wird, ist noch nicht absehbar. Zudem sollten Fusion und klimaneutrale Energieerzeugung getrennt betrachtet werden, denn Fusion kann zwar thematisch dem Bereich der klimaneutralen Energieerzeugung zugeordnet werden, weist aber forschungs- und entwicklungsseitig kaum Gemeinsamkeiten mit anderen Energieerzeugungstechnologien auf.

Andere Schlüsseltechnologien mit hoher Relevanz für die deutsche Wirtschaft<sup>3</sup> wiederum haben keine Aufnahme in die HTAD gefunden. Beispielsweise werden die Produktionstechnologien, zu denen Advanced Manufacturing, Robotik und Photonik

#### Box A 1-1 Schlüsseltechnologien der HTAD

- Künstliche Intelligenz
- Quantentechnologien
- Mikroelektronik
- Biotechnologie
- Fusion und klimaneutrale Energieerzeugung
- Technologien für die klimaneutrale Mobilität

zählen, sowie die Materialtechnologien, die u. a. Neue Werkstoffe und Nanotechnologien umfassen, in der HTAD lediglich punktuell im Zusammenhang mit anderen Themen erwähnt.<sup>4</sup> Die Produktions-technologien werden in der HTAD in Form des KI-Robotikboosters bei der Schlüsseltechnologie Künstliche Intelligenz genannt. Die Materialtechnologien finden im BMFTR-Fachprogramm zu Materialinnovationen und in der EU-Initiative Advanced Materials for Industrial Leadership Erwähnung.<sup>5</sup>

### Schwächen vor allem bei den Schlüsseltechnologien KI und Mikroelektronik

Um die Leistungsfähigkeit des deutschen F&I-Systems in den in der HTAD ausgewiesenen Technologien einzuordnen, werden im Folgenden sowohl die Leistungsfähigkeit in der Forschung anhand wissenschaftlicher Publikationen als auch die Fähigkeit zur Entwicklung von Technologien mittels transnationaler Patentanmeldungen erfasst und international verglichen (vgl. Abbildungen A 1-2 und A 1-3).

Zur Beobachtung von Veränderungen im Zeitverlauf sowie damit verbundenen Positionsveränderungen der Vergleichsländer werden die Mittelwerte der Jahre 2010 bis 2012 und 2020 bis 2022 bzw. 2021 bis 2023 berechnet und miteinander verglichen. Der Veränderungsfaktor gibt an, wie sich die Zahl der Publikations- und Patentanmeldungen im Zeitverlauf verändert hat.<sup>6</sup>

Ein Blick auf die Publikationsdaten offenbart Stärken des deutschen F&I-Systems in den Schlüsseltechnologien klimaneutrale Energieerzeugung und klimaneutrale Mobilität. Auch bei den Publikationen im Bereich der Mikroelektronik weist Deutschland eine vergleichsweise starke Position auf. Der hohe Veränderungsfaktor (3,32) belegt zudem eine hohe Entwicklungsdynamik in diesem Technologiebereich. Dominiert wird die Mikroelektronik allerdings von China, das sowohl das mit großem Abstand höchste Publikationsaufkommen als auch den mit Abstand höchsten Veränderungsfaktor aufweist (7,60). Gleches gilt für den Bereich KI, in dem das chinesische Publikationsaufkommen fast sieben Mal so hoch ist wie das deutsche. Insgesamt nimmt Deutschland bei den Publikationsaktivitäten zu allen in der HTAD aufgeführten Schlüsseltechnologien eine Position im Mittelfeld ein.

Im Vergleich zu den wissenschaftlichen Publikationen schneidet Deutschland bei den Patentan-

meldungen schlechter ab, und zwar bei vier von sieben Schlüsseltechnologien. Zudem weisen insbesondere die Patentanmeldungen in den Bereichen Mikroelektronik und Biotechnologie niedrige Veränderungsfaktoren, also eine geringe Entwicklungsdynamik, auf (1,07 bzw. 1,02). Deutschland fällt damit in diesen Schlüsseltechnologien gegenüber den meisten Vergleichsländern zurück. Die beiden europäischen Vergleichsländer Frankreich und das Vereinigte Königreich weisen bei der Mikroelektronik ebenfalls einen niedrigen Veränderungsfaktor auf. In der Biotechnologie verzeichnet Frankreich mit einem Veränderungsfaktor von 0,90 sogar einen Rückgang der Patentanmeldungen. Darüber hinaus haben Deutschland, Frankreich und das Vereinigte Königreich bei den Patentanmeldungen im Bereich KI Schwierigkeiten, mit der Dynamik in China, Südkorea und den USA mitzuhalten.

Die Auswertungen bestätigen die Analyseergebnisse, die die Expertenkommission bereits in ihrem Gutachten 2022 vorgelegt hat: Deutschland ist bei den Schlüsseltechnologien KI und Mikroelektronik im internationalen Vergleich relativ schwach positioniert. Das gilt weniger für die Forschung als primär für die Fähigkeit, Neuerungen in der Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien hervorzu bringen.

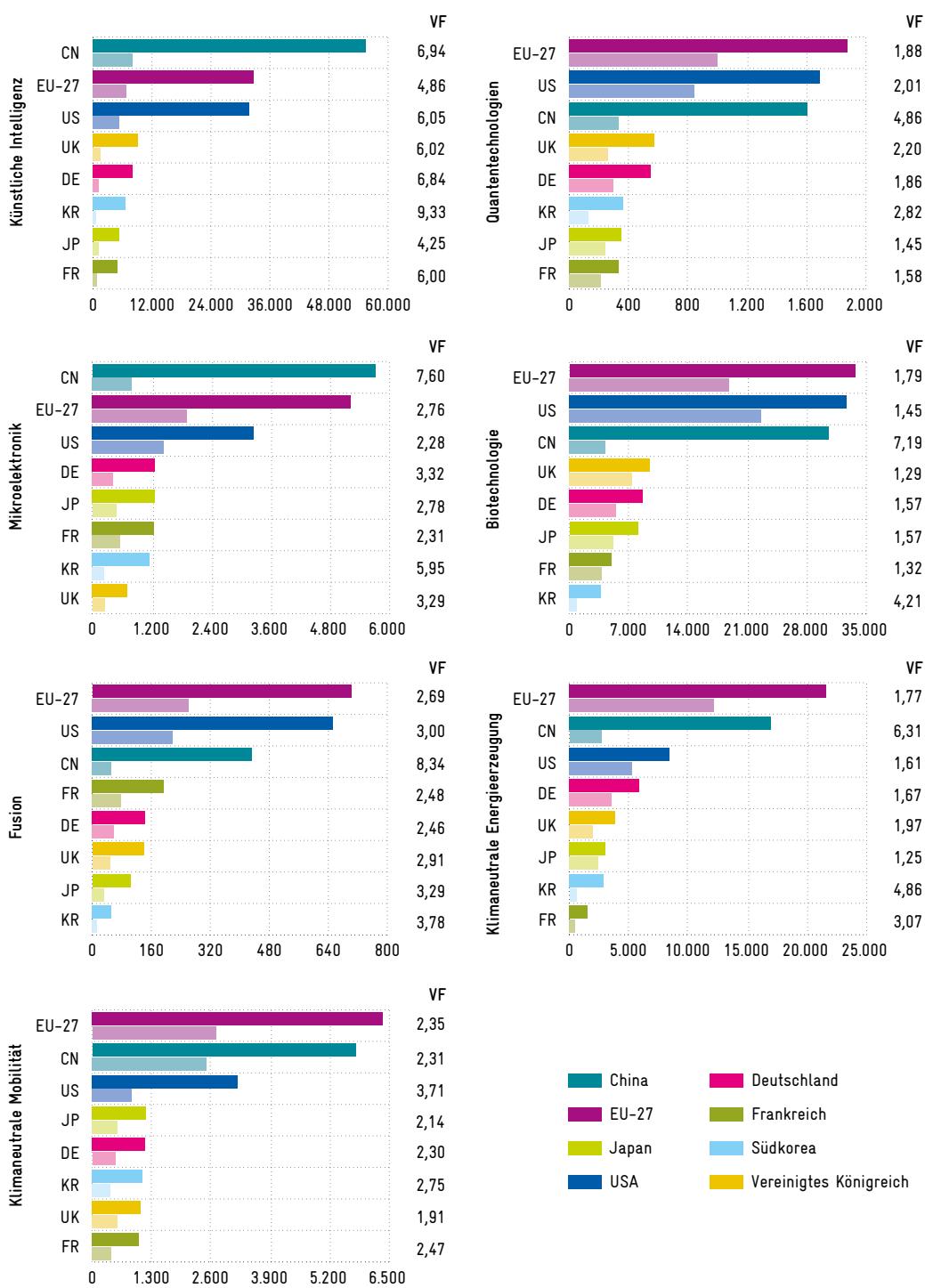
Die insgesamt schwächere Position Deutschlands bei den Patentanmeldungen im Vergleich zu den Publikationsaktivitäten kann ein Hinweis auf eine Transferschwäche sein. Eine weitere Ursache vermutet die Expertenkommission in der geringen Anzahl multinationaler Unternehmen in diesen Technologiebereichen, denn internationale Unternehmen zeichnen sich gegenüber kleineren, eher national ausgerichteten Unternehmen durch stärkere Patentierungsaktivitäten aus.

Eine starke Position bei den Patentierungsaktivitäten nimmt Deutschland dagegen in den Schlüsseltechnologien klimaneutrale Mobilität und klimaneutrale Energieerzeugung ein. Im Bereich der klimaneutralen Mobilität erreicht Deutschland hinter China Platz zwei und im Bereich der klimaneutralen Energieerzeugung hinter China und den USA Platz drei. Allerdings erreicht Deutschland in beiden Technologiebereichen nicht die Entwicklungsdynamik Chinas.

Ein Blick auf die Europäische Union als Ganzes (EU-27) zeigt ähnliche Stärken und Schwächen, wie sie

**Abb. A 1-2 Mittelwert der Publikationen in den Schlüsseltechnologien der HTAD für ausgewählte Länder und Regionen 2010–2012 und 2021–2023**

 [Download der Abbildung und Daten](#)

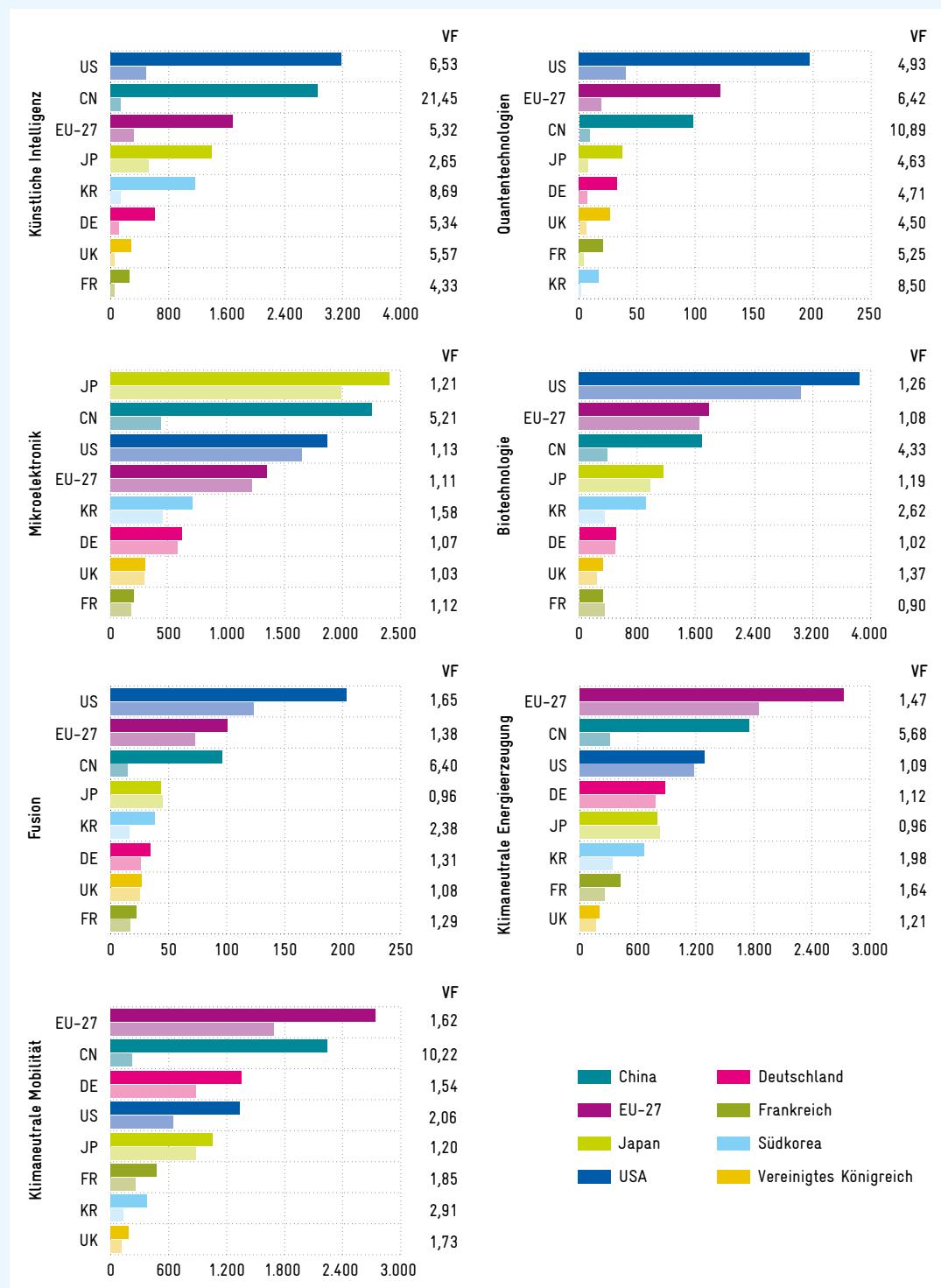


Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Publikationsanzahl der Jahre 2010 bis 2012, der dunklere Farbton die der Jahre 2021 bis 2023. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb einer jeden Einzeltechnologie folgt den Mittelwerten der Jahre 2021 bis 2023. Eine einzelne Publikation kann aus inhaltlichen Gründen mehreren Einzeltechnologien zugeordnet sein. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich die Publikationszahlen der letzten drei Jahre zu den Publikationszahlen der ersten drei Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Publikationszahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Publikationszahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben. Aufgrund unterschiedlicher Datenquellen weicht die Darstellung der Publikationen in der Schlüsseltechnologie künstliche Intelligenz von den Zahlen in Kapitel B3 leicht ab.

Quelle: OpenAlex. Eigene Berechnungen. Eigene Darstellung.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

  
Download der  
Abbildung  
und Daten

**Abb. A 1-3 Mittelwert der transnationalen Patentanmeldungen in den Schlüsseltechnologien der HTAD für ausgewählte Länder und Regionen 2010–2012 und 2020–2022**



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.

Der hellere Farbton zeigt die gemittelte Patentanzahl der Jahre 2010 bis 2012, der dunklere Farbton die der Jahre 2020 bis 2022. Die Sortierung und somit die Reihenfolge der Länder innerhalb einer jeden Einzeltechnologie folgt den Mittelwerten der Jahre 2020 bis 2022. Ein einzelnes Patent kann aus inhaltlichen Gründen mehreren Einzeltechnologien zugeordnet sein. Der Veränderungsfaktor (VF) gibt an, wie sich die Patentzahlen der letzten drei Jahre zu den Patentzahlen der ersten drei Jahre verhalten. Ein Veränderungsfaktor kleiner als eins bedeutet einen Rückgang und ein Veränderungsfaktor größer als eins einen Anstieg der Patentzahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen. Ein Veränderungsfaktor von eins bedeutet, dass sich die Patentzahlen zwischen den Betrachtungszeiträumen nicht verändert haben. Aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungen weicht die Darstellung der Publikationen in der Schlüsseltechnologie künstliche Intelligenz von den Zahlen in Kapitel B3 leicht ab.

Quelle: Patstat. Eigene Berechnungen. Eigene Darstellung.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

auch für Deutschland diagnostiziert werden. So sind die EU-27 bei den Publikationsaktivitäten stark und liegen, abgesehen von den Bereichen KI und Mikroelektronik, in allen Schlüsseltechnologien vor den Vergleichsländern. Bei KI und Mikroelektronik führt China. Die EU-27 folgen mit deutlichem Abstand auf Position zwei noch vor den USA.

Ein weniger positives Bild zeigt sich bei den Patentanmeldungen. So erreichen die EU-27 im Bereich Mikroelektronik lediglich Position vier hinter Japan, China und den USA. Sie weisen zudem eine geringere Wachstumsdynamik auf. Auch bei den KI-Patentanmeldungen können die EU-27 nicht zu den führenden KI-Nationen USA und China aufschließen und verbleiben mit klarem Abstand auf Position drei. Stärken zeigen die EU-27 hingegen bei der klimaneutralen Mobilität und der klimaneutralen Energieerzeugung. In diesen beiden Technologiebereichen nehmen sie eine klare Führungsposition vor China und den USA ein.

Die dynamischsten Entwicklungen von allen Vergleichsländern verzeichnen China und Südkorea. Sie erzielen bei fast allen hier betrachteten Technologien die höchsten Veränderungsfaktoren, und zwar sowohl bei wissenschaftlichen Publikationen als auch bei Patentanmeldungen. Einzige Ausnahmen bilden die Publikationen zur klimaneutralen Mobilität, hier weisen die USA die höchste Entwicklungsdynamik auf.

### Entwicklung von Schlüsseltechnologien beobachten

Um Schlüsseltechnologien zielgerichtet zu fördern, bedarf es der systematischen Beobachtung ihrer Entwicklung und ihres Umfelds sowie der frühzeitigen Identifikation neu aufkommender Schlüsseltechnologien. Akteure aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft erhalten so anhand klarer und operationalisierbarer Kriterien einen Überblick über bestehende und aufkommende Schlüsseltechnologien, deren Reifegrade sowie Anwendungsbereiche und haben damit eine Entscheidungsgrundlage für entsprechende Fördermaßnahmen.<sup>7</sup>

Während etablierte Schlüsseltechnologien vergleichsweise präzise identifiziert werden können, ist die Identifikation neu aufkommender Schlüsseltechnologien – sogenannter Zukunftstechnologien – deutlich anspruchsvoller, da sie noch nicht oder erst ansatzweise die für Schlüsseltechnologien

charakteristischen Kriterien aufweisen (s. o.). Diese Zukunftstechnologien bieten allerdings ein hohes wirtschaftliches Potenzial, das sich durch ein frühzeitiges Engagement (Beforschung und Nutzung) erschließen lässt.

Um Zukunftstechnologien frühzeitig zu erkennen und die Entwicklung von Schlüsseltechnologien zu verfolgen, ist eine kontinuierliche Anwendung von Foresight- und Monitoring-Instrumenten notwendig. Dabei sind sowohl technologische Reifegrade als auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Wirkpotenziale zu erfassen. Ein solches wissenschaftsgeleitetes Vorgehen ist wichtig, um zu verhindern, dass einzelne Technologien oder Wirtschaftszweige aus partikularen Interessen heraus als Schlüsseltechnologien klassifiziert werden, um eine privilegierte staatliche Förderung durchzusetzen.

Das BMFTR hat bereits einen Monitoring-Prozess aufgesetzt, der Entwicklungen bei Schlüsseltechnologien und anderen Technologien mittels Daten zu Patenten, Publikationen, Unternehmensgründungen und internationalem Handel erfasst. Die Expertenkommission sieht dies als einen ersten wichtigen Schritt. Sie empfiehlt zugleich, die bestehenden Strukturen im Sinne eines von politischen und wirtschaftlichen Lobbygruppen unabhängigen Monitoring- und Foresight-Prozesses auszubauen.<sup>8</sup> Dabei sollten auch weitere Faktoren wie die gesellschaftliche Akzeptanz von Technologien und die Marktdurchdringung berücksichtigt werden.

### Technologie-Roadmaps flexibel gestalten

Derzeit entwickelt die Bundesregierung unter Beteiligung von Stakeholdern Technologie-Roadmaps für die einzelnen Schlüsseltechnologien der HTAD. Bei Roadmaps handelt es sich um strategische Planungsinstrumente, die zum einen Maßnahmenbündel und Meilensteine umfassen und zum anderen Rückkopplungsschleifen beinhalten, die ggf. zu Richtungsänderungen oder auch zum Abbruch von Vorhaben führen können.<sup>9</sup> Roadmapping bedeutet, unter Unsicherheit zu navigieren. Daher sollten Roadmaps so flexibel gestaltet werden, dass sie in Abhängigkeit von sich ändernden Umfeldbedingungen und von Erfahrungen mit der Umsetzung der Roadmaps aufwandsarm angepasst werden können. Dies schließt auch ein, die im Rahmen einer Roadmap geplanten Fördermaßnahmen ggf. abzubrechen. Um auf unterschiedliche Entwicklungen, auch auf internationaler Ebene, vorbereitet zu sein,

bietet es sich an, in den Roadmaps mit Szenarien zu arbeiten.

Für jede Roadmap ist eine längerfristige Vision erforderlich, die die Perspektiven der unterschiedlichen Akteure des F&I-Systems zusammenführt – beispielsweise zur Frage, wie die Mobilität im Jahr 2035 aussehen soll. Diese Vision ist sodann auf kurz- und mittelfristige auf das F&I-System bezogene Ziele und Meilensteine herunterzubrechen. Die Ziele sollten messbar sein und mit dem 360-Grad-Hightech-Monitoring verknüpft werden (vgl. Abschnitt A1-3).

Die Roadmaps müssen je nach Technologie unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Bei einer Technologie mit niedrigem Technologiereifegrad sollte beispielsweise die Forschungsförderung stärker im Fokus stehen als bei einer Technologie mit hohem Technologiereifegrad, deren Diffusion forciert werden soll. Ebenso gibt es bei Fragen der rechtlichen Rahmenbedingungen oder der bürokratischen Belastungen je nach Technologie erhebliche Unterschiede. Nicht zuletzt sollte das jeweilige internationale Umfeld berücksichtigt werden.

Zwischen den verschiedenen Technologie-Roadmaps bestehen zum Teil erhebliche thematische Überschneidungen, beispielsweise zwischen KI und Mikroelektronik. Im Hinblick auf die zeitliche Abfolge von Maßnahmen sollten die Roadmaps daher aufeinander abgestimmt werden.

Beim Roadmapping ist die Beteiligung von Stakeholdern geboten, um deren Know-how in den Prozess einfließen zu lassen, sie für eine aktive Mitwirkung zu gewinnen und die Akzeptanz für die HTAD zu stärken. Dabei sollten (potenzielle) F&I-Akteure aller Phasen des Innovationsprozesses sowie Anwenderinnen und Anwender in den Blick genommen werden. Da Beteiligungsprozesse zeitaufwendig

sind, ist zwischen der Breite der Beteiligung und der Geschwindigkeit sorgfältig abzuwägen.

## A1-2 Strategische Forschungsfelder und Rahmenbedingungen

### Missionsorientierten Politikansatz weiterhin verfolgen

Die HTAD benennt fünf strategische Forschungsfelder (vgl. Box A1-4), die jeweils mit technologiegetriebenen Vorhaben hinterlegt sind. Für diese Forschungsfelder gilt es sorgfältig zu klären, worin jeweils der strategische Aspekt liegt.<sup>10</sup> Hierzu muss die Bundesregierung ihre diesbezüglichen politischen Ziele benennen, die damit verbundenen Forschungslücken identifizieren und die F&I-politischen Maßnahmen darauf ausrichten.

Die Bundesregierung bezieht sich in der HTAD nicht explizit auf den Ansatz der Neuen Missionsorientierung, der auf die Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen gerichtet ist und auf einen transformativen Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft abzielt.<sup>11</sup> Nichtsdestoweniger ist anzuraten, zentrale Elemente der Neuen Missionsorientierung bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der HTAD einzusetzen, also ambitionierte, aber realistische Ziele zu definieren sowie ein darauf gerichtetes, interministeriell koordiniertes Maßnahmenbündel umzusetzen und dadurch F&I-Akteure in den strategischen Forschungsfeldern zu mobilisieren.<sup>12</sup>

### Hebelwirkung nutzen

Die HTAD benennt neun Hebel zur Stärkung und Modernisierung sowie zum Schutz des F&I-Systems (vgl. Box A1-5). Darüber hinaus sollen diese Hebel den geplanten Investitionen in die Schlüsseltechnologien die nötige Schubkraft verleihen.<sup>13</sup> Die ersten acht Hebel setzen an den bekannten Grundvoraussetzungen eines leistungsfähigen F&I-Systems an und betreffen insbesondere den Wissens- und Technologietransfer, die Stärkung von Kompetenzen, Fragen der Finanzierung und des Ausbaus der Forschungsinfrastruktur sowie internationale Kooperationen. Der neunte Hebel ist auf die zivil-militärische Zusammenarbeit ausgerichtet.

Mit den in der HTAD genannten Hebeln hat die Bundesregierung die zentralen Ansatzpunkte zur Stärkung des F&I-Systems in Deutschland identi-

### Box A 1-4 Strategische Forschungsfelder der HTAD

- Luft- und Raumfahrt
- Gesundheitsforschung
- Sicherheits- und Verteidigungsforschung
- Meeres-, Klima- und Nachhaltigkeitsforschung
- Geistes- und Sozialwissenschaften

fiziert. Ihre konsequente Umsetzung könnte zu einer deutlichen Steigerung der F&I-Aktivitäten in Deutschland beitragen.

Zu bedenken ist allerdings, dass eine ambitionierte F&I-Politik allein nicht ausreicht, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Deutschland zu steigern. Hierzu bedarf es als unabdingbarer Grundvoraussetzung attraktiver allgemeiner Rahmenbedingungen für unternehmerisches Handeln, wie z. B. eines international wettbewerbsfähigen Steuersystems sowie eines flexiblen Arbeitsrechts. F&I-Politik kann die Wirkmächtigkeit unternehmerischen Handelns zwar verbessern, nicht aber ersetzen.

### Innovationsfreiheitsgesetz beherzt angehen

In der HTAD wird ein Innovationsfreiheitsgesetz angekündigt, „um Forschung und Entwicklung mehr Freiheit zu geben und auch Unternehmen von kleinteiliger Förderbürokratie zu entfesseln“.<sup>14</sup> Ein solches Gesetz ist grundsätzlich zu begrüßen. Die Bundesregierung geht damit ein längst überfälliges Vorhaben an.

Angesichts der durchgängig hohen Belastung von F&I-Akteuren durch eine kleinteilige Förderbürokratie könnte ein Innovationsfreiheitsgesetz quer durch alle Bereiche der HTAD positive Wirkungen entfalten. Insbesondere Antragsverfahren und Nachweispflichten sollten verschlankt werden, zugleich sollte eine flexible Bewirtschaftung der Projektmittel möglich sein. Grundsätzlich ist dabei eine Abkehr von einer primär inputorientierten hin zu einer ergebnisorientierten Kontrolle der Fördermittelverwendung anzustreben.<sup>15</sup>

Die Bundesregierung kann zum Abbau der Förderbürokratie bei öffentlichen Einrichtungen auf zahlreiche Vorarbeiten zugreifen (vgl. Kapitel B 2).

Über den Abbau der Förderbürokratie hinaus gilt es, wie in der Modernisierungsagenda der Bundesregierung angekündigt, auch innovationsfreundliche Rahmenbedingungen zu schaffen.<sup>16</sup> Dazu sollten wichtige Vorhaben wie das Reallaboregesetz und das Forschungsdatengesetz endlich verwirklicht sowie der Transfer von geistigem Eigentum und die Mobilität zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und

### Box A 1-5 Hebel der HTAD

- Hebel 1: Den Wissens- und Technologie-transfer zwischen allen Innovationsakteuren beschleunigen.
- Hebel 2: Innovationsakteure im Land spürbar von kleinteiliger Förderbürokratie entlasten und den rechtlichen Rahmen durch Strukturreformen für ein lebendiges Innovations- und Transfersgeschehen modernisieren.
- Hebel 3: Neue Finanzierungsinstrumente für Forschung und Entwicklung etablieren sowie den Wagniskapitalmarkt weiterentwickeln und Wagniskapital-Investitionen attraktiver machen, um eine bessere Hebelwirkung öffentlicher Innovationsfinanzierung zu erreichen.
- Hebel 4: Resilienz im Wissenschaftssystem stärken, Forschungssicherheit, Wissenschaftskommunikation und Partizipation als Querschnittsaufgabe ausbauen.
- Hebel 5: Fachkräfte und Talente gewinnen, unterstützen und halten – im Inland und aus dem Ausland.
- Hebel 6: Die europäische und internationale Zusammenarbeit in Forschung und Innovation ausbauen und stärker auf die Prioritäten der Hightech Agenda Deutschland ausrichten.
- Hebel 7: Versorgung mit kritischen Rohstoffen und Materialien sicherstellen und die industrielle Basis für den Hightech-Standort Deutschland stärken.
- Hebel 8: Strategisch in Infrastrukturen für die Forschung investieren, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland auszubauen und den Investitionsstau im Wissenschaftssystem anzugehen.
- Hebel 9: Hemmnisse, die zivil-militärische Forschungskooperationen erschweren, abbauen und Zusammenarbeit stärken.

Verwaltung erleichtert werden. Dringend erforderlich sind auch bundesweit einheitliche und innovationsfreundliche Regelungen zum Datenschutz.

### A 1-3 360-Grad-Hightech-Monitoring

Die HTAD sieht die Einführung eines sogenannten 360-Grad-Hightech-Monitorings für eine wirkungsorientierte Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik vor (vgl. Abbildung A1-6). Integraler Bestandteil soll ein digitales Dashboard sein, das „die aktuelle Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Technologiesystems inklusive der Entwicklungen der priorisierten Schlüsseltechnologien sowie den Fortschritt bei den Technologie-Roadmaps [...] visualisieren und jederzeit abrufbar machen“ soll.<sup>17</sup> Darüber hinaus plant die Bundesregierung „eine externe Analyse der Wirksamkeit der Roadmap-Prozesse auf die Entwicklungen im Forschungs- und Technologiesystem“.<sup>18</sup>

Im digitalen Dashboard will die Bundesregierung die entsprechenden Daten zusammenführen.<sup>19</sup> Sie kann dabei auf dem Monitoring-Prozess des BMFTR aufbauen. Zusätzlich zu den klassischen Publikations- und Patentanalysen könnten auch die Inhalte von Publikations- und Patentdaten näher analysiert werden. Verfahren, die die semantische Ähnlichkeit zwischen Patent- und Publikationstexten messen,

können Aufschluss darüber geben, inwieweit wissenschaftliche Erkenntnisse aus Publikationen in Patente eingehen.<sup>20</sup>

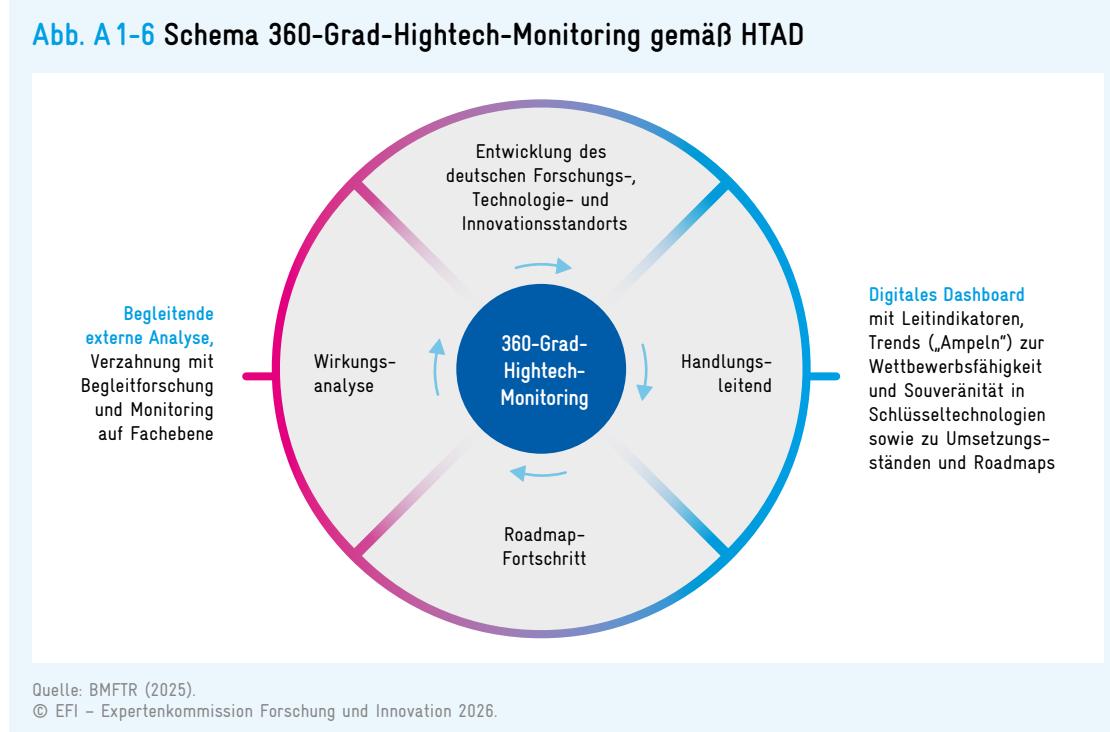
Die Fortschritte entlang der Technologie-Roadmaps sollten anhand der formulierten Meilensteine und Indikatoren dargestellt werden. Als Basis für eine kontinuierliche Anpassung der Roadmaps sollte das 360-Grad-Hightech-Monitoring eine Umfeldbeobachtung enthalten – etwa zu geopolitischen Entwicklungen, zum Zugang zu Rohstoffen oder zur Verfügbarkeit von Fachkräften und Kompetenzen.

### 3,5-Prozent-Ziel mit Nachdruck verfolgen

Nachhaltige Steigerungen der Produktivität und damit langfristiges Wachstum lassen sich nur durch ein hohes Niveau an FuE-Investitionen realisieren.<sup>21</sup> Die FuE-Intensität, also der Anteil der FuE-Ausgaben von Wirtschaft, Hochschulen und Staat am Bruttoinlandsprodukt, ist ein zentraler Indikator, der in das 360-Grad-Monitoring einbezogen werden sollte.<sup>22</sup>

Die beiden vorhergehenden Bundesregierungen hatten sich dem Ziel verpflichtet, in Deutschland bis 2025 eine FuE-Intensität in Höhe von 3,5-Prozent zu erreichen.<sup>23</sup> Diese stagniert jedoch seit mehreren Jahren und betrug im Jahr 2024, auf das sich der neueste verfügbare Wert bezieht, lediglich 3,13 Prozent. Es ist daher davon auszugehen,

Abb. A 1-6 Schema 360-Grad-Hightech-Monitoring gemäß HTAD



dass das 3,5-Prozent-Ziel auch 2025 nicht erreicht wurde.

Die aktuelle Bundesregierung sollte das 3,5-Prozent-Ziel mit Nachdruck verfolgen. Da die FuE-Ausgaben zu rund zwei Dritteln von Unternehmen getätigt werden, müssen sowohl für etablierte Unternehmen als auch für Start-ups starke FuE-Anreize gesetzt werden – nicht nur durch FuE-Förderung, sondern vor allem durch Rahmenbedingungen, die den ökonomischen Erfolg von FuE-basierten Innovationen begünstigen. Zudem ist die FuE in außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Hochschulen verlässlich zu unterstützen. Hierfür müssen ausreichend Mittel in den Bundeshaushalt eingestellt werden.

#### Finanzielle Anstrengungen der Bundesregierung bei der Umsetzung der HTAD offenlegen

Im Rahmen des Monitorings sollten auch die finanziellen Anstrengungen der Bundesregierung bei der Umsetzung der HTAD offengelegt werden. Transparenz bezüglich des finanziellen Engagements der Bundesregierung kann dazu beitragen, Akteure des F&I-Systems zu mobilisieren (vgl. Abschnitt A 1-4). Hierzu bieten sich die folgenden Maßnahmen an (vgl. Box A 1-7):

- Die haushaltswirksamen Maßnahmen der Bundesregierung im Bereich der Schlüsseltechnologien sollten in gebündelter Weise dargestellt werden. Sie sind derzeit nur in verschiedenen Einzelplänen der Ministerien sowie in Wirtschaftsplänen der Sondervermögen enthalten.
- Der Förderkatalog des Bundes enthält Informationen zur laufenden und bereits abgeschlossenen Projektförderung des Bundes. Hier sollte eine Zuordnung der Projektförderung zu den Schlüsseltechnologien der HTAD angestrebt werden.
- Selbst eine umfassende Umsetzung der HTAD kann für sich allein genommen nur wenig bewegen: Ihre volle Wirkung wird sie vielmehr nur dann entfalten können, wenn die Bundesregierung insgesamt in ausreichendem Maße Zukunftsinvestitionen in Bildung, Forschung, neue Technologien, Umwelt- und Klimaschutz sowie moderne Infrastruktur vornimmt. Deshalb sollte für den Bundeshaushalt eine Zukunftsquote eingeführt werden.

#### Diffusion der Schlüsseltechnologien berücksichtigen

Beim Monitoring ist es besonders herausfordernd, die Outputseite der Schlüsseltechnologien zu erfassen. So lassen sich Außenhandels- oder Wertschöpfungsdaten zwar FuE-intensiven Gütern sowie FuE-intensiven Industrien und wissensintensiven Dienstleistungen zuordnen, jedoch nicht den Schlüsseltechnologien der HTAD. Differenzierte Patentanalysen sind möglich, allerdings schlagen sich Patente nicht unmittelbar in Wertschöpfung nieder. Als Maße für den Transfer von Technologien in die Anwendung können zwar die Anzahl einschlägiger Start-ups und Investitionen in Wagniskapital herangezogen werden. Doch beide Maße sind ebenfalls nur Annäherungen an den Output.

Daher wäre es wünschenswert, auch die Diffusion der Schlüsseltechnologien zu betrachten. Webbasierte semantische Verfahren können dabei zur Identifizierung der Organisationen dienen, die Schlüsseltechnologien entwickeln oder nutzen. Die Expertenkommission hat eine solche Analyse beispielhaft für zwei Schlüsseltechnologien der HTAD in Auftrag gegeben (vgl. Box A 1-8).

#### Evaluation bei Maßnahmenplanung mitdenken

Unzureichende Datenverfügbarkeit und Datenqualität erschweren häufig die Durchführung aussagekräftiger Kausalanalysen oder verhindern sie sogar. Deshalb sind schon bei der Maßnahmenplanung die Voraussetzungen für die Erhebung der erforderlichen Daten zu schaffen.<sup>24</sup> Da die Maßnahmen der HTAD nicht isoliert voneinander eingesetzt werden, sondern vielmehr in unterschiedlichsten Kombinationen wirksam werden, ist es nicht nur notwendig, die Wirkung einzelner Maßnahmen zu betrachten, sondern auch ihr Zusammenwirken zu evaluieren. Diese Evaluationen sind allerdings sehr anspruchsvoll.<sup>25</sup>

#### A 1-4 Kooperation und Kommunikation stärken

##### Interministerielle und europäische Zusammenarbeit stärken

Eine weitere Bedingung für das Gelingen der HTAD ist eine funktionierende interministerielle Zusammenarbeit. Da aufgrund des veränderten Zuschnitts des BMFTR – anders als ursprünglich avisiert – die

## Box A 1-7 Vorschläge zur Offenlegung der finanziellen Anstrengung der Bundesregierung bei der Umsetzung der HTAD

### Gebündelte Darstellung der haushaltswirksamen Maßnahmen der Bundesregierung im Bereich der Schlüsseltechnologien

Um die haushaltswirksamen Maßnahmen der Bundesregierung im Bereich der Schlüsseltechnologien in gebündelter Weise darzustellen, bestehen im Grundsatz zwei Möglichkeiten:

- Allen Flaggschiff-Maßnahmen der HTAD könnten die entsprechenden Haushaltstitel zugeordnet werden,<sup>26</sup> um auf dieser Grundlage einen Überblick über die im jeweiligen Jahr bereitgestellten Haushaltssmittel zu schaffen.
- Um alle schlüsseltechnologiebezogenen Haushaltstitel zu identifizieren, könnte vom engen HTAD-Bezug abgerückt werden, und zwar mittels einer Methodik, die im Rahmen einer aktuellen Studie zur Berechnung des Digitalhaushalts entwickelt wurde. Diese Methodik zur Analyse des Bundeshaushalts führt Textanalysen anhand von Schlagwörtern durch, wendet Machine-Learning-Ansätze an und nutzt Zusatzinformationen der Bundesverwaltung.<sup>27</sup>

Unabhängig davon, welches Vorgehen zur Identifizierung der haushaltswirksamen Maßnahmen der Bundesregierung im Bereich der Schlüsseltechnologien gewählt wird, sollte im Nachhinein immer ein Soll-Ist-Vergleich vorgenommen werden.

### Zuordnung der Projekte im Förderkatalog des Bundes zu den Schlüsseltechnologien der HTAD

Im Förderkatalog des Bundes werden die einzelnen Projekte auf Basis der Leistungsplansystematik (LPS) des Bundes thematisch zugeordnet.<sup>28</sup> Die LPS eignet sich zwar als Ausgangspunkt für die Zuordnung der Projekte zu den Schlüsseltechno-

logien der HTAD, ist aber für sich genommen nicht ausreichend.<sup>29</sup> Zum einen lassen sich nicht alle Schlüsseltechnologien klar abgegrenzten Bündeln von LPS-Klassen zuordnen. Zum anderen sind Mehrfachzuordnungen bei der LPS nicht möglich, sodass bei technologieübergreifenden Projekten – wenn beispielsweise KI in der Biotechnologie genutzt wird – ein Informationsverlust entsteht.

Um die Anzahl der Projekte und die Projektvolumina in den einzelnen Schlüsseltechnologien der HTAD annäherungsweise zu erfassen, sollte der Förderkatalog des Bundes mit Hilfe eines kombinierten Vorgehens ausgewertet werden. Im ersten Schritt wird für jede Schlüsseltechnologie ein passendes Bündel an LPS-Klassen identifiziert.<sup>30</sup> Im zweiten Schritt werden projektbasierte Textfilter entwickelt, die Schlüsselbegriffe, Synonyme und verwandte Konzepte der jeweiligen Bereiche abdecken. Im dritten Schritt werden dann LPS- und Textfilter kombiniert, sodass Projekte entweder über die LPS-Filter oder über die Textfilter als relevant eingestuft werden. Dieses methodische Vorgehen wurde im Rahmen einer im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Studie entwickelt und bereits erfolgreich angewendet.<sup>31</sup> Für das 360-Grad-Monitoring ist darüber hinaus die Entwicklung eines Klassifizierungsmodells angezeigt, das zwischen FuE-basierten und sonstigen Projekten unterscheidet.

### Einführung einer Zukunftsquote

Eine Zukunftsquote einzuführen bedeutet, im Haushalt einen festen Anteil für Investitionen in den Bereichen Bildung, Forschung, neue Technologien, Umwelt- und Klimaschutz sowie moderne Infrastruktur, u.a. für Digitalisierung, vorzusehen. Im Nachhinein sollte ein Soll-Ist-Vergleich vorgenommen werden, um zu prüfen, ob die vorab geplanten Zukunftsinvestitionen wie geplant realisiert wurden. Eine Methodik zur Berechnung einer Zukunftsquote wurde bereits entwickelt und auf den Bundeshaushalt und den Haushalt der EU angewendet.<sup>32</sup>

### Box A 1-8 Vorschlag zur Messung der Diffusion von Schlüsseltechnologien der HTAD

Im Rahmen einer von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studie wurden mit einem webbasierten und KI-gestützten Verfahren relevante Akteure in den Schlüsseltechnologien künstliche Intelligenz und klimaneutrale Mobilität identifiziert. Die Schlüsseltechnologie klimaneutrale Mobilität wurde beispielhaft anhand der Technologiebereiche alternative Antriebe und klimafreundliche Kraftstoffe untersucht.<sup>33</sup> Dabei wurden Organisationen in China, Deutschland, Frankreich, den USA und dem Vereinigten Königreich betrachtet.

Ein Vorteil von webbasierten Verfahren liegt darin, dass damit viele Organisationen erfasst werden können und sich Informationen aktuell, kurzfristig und je nach Bedarf mehrmals pro Jahr erheben lassen. Eine Belastung von Organisationen, insbesondere von Unternehmen, durch das Ausfüllen von Fragebögen – und als Konsequenz geringe Antwortquoten – werden dadurch vermieden. Zudem sind Umfragen in der Regel mit hohen Kosten und beträchtlichem Zeitaufwand verbunden.<sup>34</sup> Nachteilig bei webbasierten Verfahren ist jedoch, dass die Unternehmen, die keine Webseite haben, nicht erfasst werden. Zudem schützen manche Unternehmen ihre Webseite gegen Zugriffe oder berichten über bestimmte Themen nur selektiv. Das kann zu Verzerrungen bei den Ergebnissen führen.

Ausgehend von einer Grundgesamtheit von ca. acht Millionen identifizierten webaktiven Organisationen in den betrachteten Ländern wurden mittels eines regelbasierten Crawlings zunächst diejenigen Organisationen identifiziert, deren Webauftritte eine signifikante Dichte technologie-relevanter Stichworte aufweisen. Im Bereich künstliche Intelligenz wurden daraus Stichproben gezogen und durch KI-gestützte semantische Verfahren validiert. Dieses Vorgehen reduziert Fehltreffer (beispielsweise Inhalte mit reiner Berichterstattung) und ermöglicht eine Klassifizie-

itung in KI-native Organisationen, deren zentrales Geschäftsmodell auf KI-Technologien basiert, sowie KI-integrierende Organisationen, die KI-Komponenten in bestehende Produktportfolios einbetten. Die resultierenden Kennzahlen basieren auf einer statistischen Hochrechnung der validierten Stichproben.

Mit der verwendeten Methodik könnten künftig auch regionale Auswertungen vorgenommen und zeitliche Entwicklungen betrachtet werden.

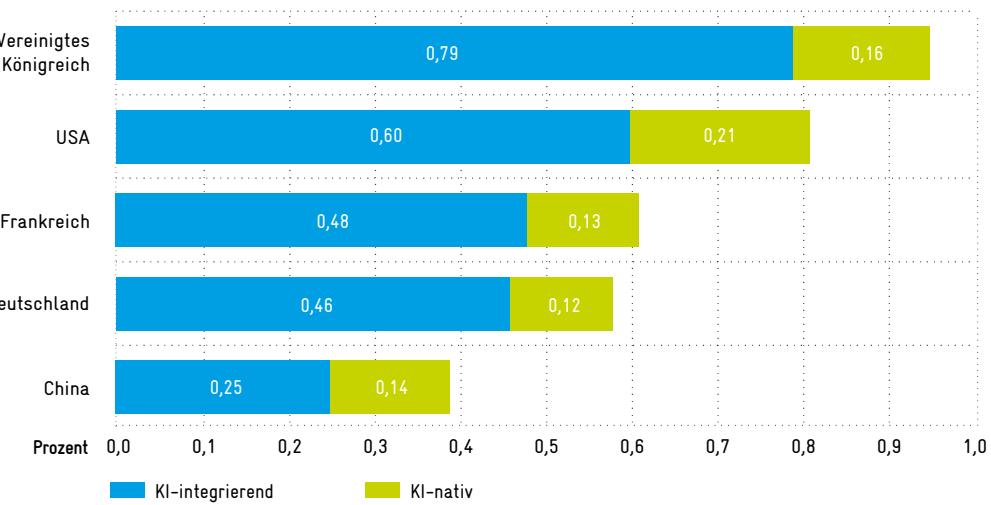
Der Studie zufolge weist das Vereinigte Königreich mit 0,95 Prozent den höchsten Anteil von Organisationen mit Aktivitäten im Bereich künstliche Intelligenz auf, gefolgt von den USA (vgl. Abbildung A 1-9). In Deutschland sind 0,58 Prozent der erfassten Organisationen im Bereich künstliche Intelligenz aktiv. Darunter finden sich deutlich häufiger KI-integrierende Organisationen (0,46 Prozentpunkte) als KI-native Organisationen (0,12 Prozentpunkte).

Für den Technologiebereich alternative Antriebe und klimafreundliche Kraftstoffe werden potenzielle Akteure anhand der Dichte relevanter Stichworte in ihren Webauftritten identifiziert. Eine nachgelagerte Validierung erfolgt nicht. Deutschland und das Vereinigte Königreich weisen unter den betrachteten Ländern mit jeweils rund 0,03 Prozent den höchsten Anteil aktiver Organisationen im Technologiebereich alternative Antriebe und klimafreundliche Kraftstoffe auf. Frankreich folgt mit 0,02 Prozent (vgl. Abbildung A 1-10).

In China sind die Anteile der als aktiv identifizierten Organisationen in beiden Technologiebereichen geringer als in den westlichen Vergleichsländern. Dies könnte u.a. auf Besonderheiten der chinesischen Wirtschaftsstruktur zurückzuführen sein. Diese ist zwar durch einzelne große Technologieunternehmen gekennzeichnet, die Breite der chinesischen Wirtschaft liegt jedoch im Vergleich zu westlichen Ländern technologisch zurück.

**Abb. A 1-9** Anteil KI-integrierender und KI-nativer Organisationen in ausgewählten Ländern

 [Download der Abbildung und Daten](#)



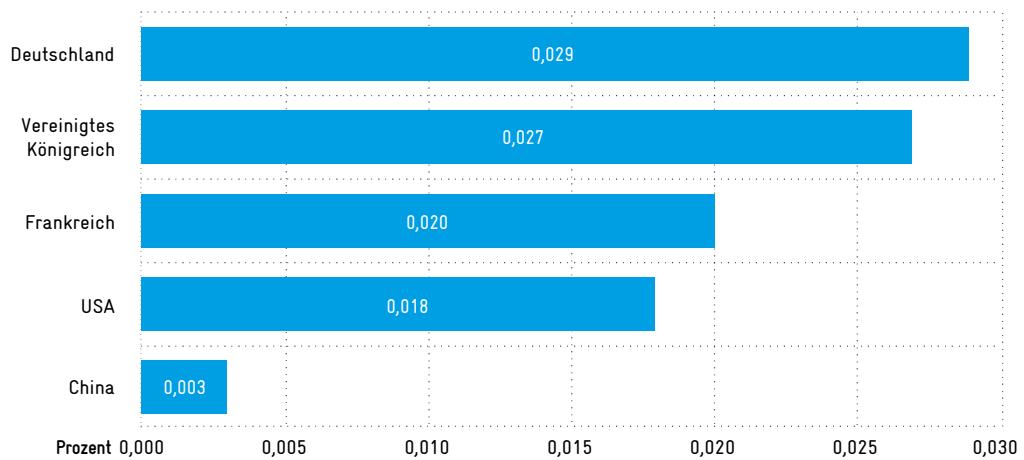
Lesebeispiel: 0,58 Prozent der erfassten deutschen Organisationen sind im Bereich der künstlichen Intelligenz aktiv. 0,46 bzw. 0,12 Prozent der erfassten deutschen Organisationen sind KI-integrierende bzw. KI-native Organisationen.

Die hier verwendete Identifikation der Organisationen, die im Bereich der künstlichen Intelligenz aktiv sind, weicht von derjenigen in Kapitel B 3-3 ab. Diese Auswertung identifiziert lediglich Organisationen als aktiv, die KI-Komponenten in bestehende Produktpportfolios einbetten oder deren Geschäftsmodell auf KI basiert. In Kapitel B 3-3 werden hingegen alle Unternehmen als aktiv identifiziert, die in ihren Produkten oder Prozessen mindestens eine KI-Technologie nutzen.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kinne und istari.ai GmbH (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

**Abb. A 1-10** Anteil der Organisationen mit Aktivität im Themenbereich der alternativen Antriebe und klimaneutralen Kraftstoffe in ausgewählten Ländern

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: 0,029 Prozent der erfassten deutschen Organisationen sind im Themenbereich der alternativen Antriebe und klimaneutralen Kraftstoffe aktiv.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kinne und istari.ai GmbH (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

Zuständigkeiten für Innovations- und Technologiepolitik nicht unter einem Dach zusammengeführt wurden, weist die F&I-Politik weiterhin zahlreiche interministerielle Schnittstellen auf. Eine intensive, lösungsorientierte Zusammenarbeit der Ressorts ist somit umso dringlicher. Die Ansiedlung der HTAD-Stabsstelle bei der Bundesforschungsministerin könnte in diesem Kontext förderlich sein. Die Erfahrungen der vergangenen Legislaturperioden haben gezeigt, wie herausfordernd diese interministerielle Zusammenarbeit ist.

Interministerielle Kooperationsstrukturen sollten anhand positiver wie negativer Erfahrungen, die in der vergangenen Legislaturperiode – z. B. im Kontext der Zukunftsstrategie – gesammelt wurden, weiterentwickelt werden, damit die HTAD zu einer Strategie der gesamten Bundesregierung und damit aller Ministerien wird. Der im November 2025 einberufene Strategiekreis für Technologie und Innovation im Bundeskanzleramt, der neben einschlägigen Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft auch die des BMF, des BMWE, des BMFTR sowie des BMDS umfasst, könnte hier eine unterstützende Funktion einnehmen.<sup>35</sup>

Bislang fehlen in der HTAD eine klare Willensbekundung zur interministeriellen Zusammenarbeit sowie konkrete Ausführungen zu ihrer Umsetzung. Positiv ist hingegen die starke Betonung europäischer und internationaler Zusammenarbeit. Neben dem grundsätzlichen Bekenntnis zur internationalen Kooperation finden sich zahlreiche konkrete Maßnahmen, die im Verbund mit europäischen und internationalen Partnern umgesetzt werden sollen. Die Bereitschaft zur internationalen Kooperation ist insbesondere im Kontext der Förderung von Schlüsseltechnologien von hoher Bedeutung. Um den internationalen Anschluss bei der Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien nicht zu verlieren, werden Deutschland und seine europäischen Partner ihre Kapazitäten und Aktivitäten weiterbündeln müssen.

### Zusammenarbeit mit den Ländern vorantreiben

Die HTAD kann von der Bundesregierung nicht im Alleingang umgesetzt werden. Es bedarf der Beteiligung aller Akteure im F&I-System und insbesondere der Bundesländer. Um einen Ausgleich zwischen erforderlicher Beteiligung und notwendiger Agilität herzustellen, ist eine selektive Form der Beteiligung

anzuraten. Ein solcher Ansatz steht zwar in einem Spannungsverhältnis zu der in Deutschland vorherrschenden Tradition der umfassenden Beteiligung,<sup>36</sup> würde jedoch den Umsetzungsprozess aller Voraussicht nach sehr beschleunigen.<sup>37</sup> Die Möglichkeiten einer selektiven Beteiligung der Bundesländer, so hat es der Stifterverband im Rahmen eines Policy Papers skizziert,<sup>38</sup> ergibt sich demnach aus den in der HTAD angelegten Ansätzen für ein differenziertes Vorgehen. So wirbt die HTAD explizit „für ein gemeinsames Verständnis über regionale Prioritäten“, die den „Aufbau von Hightech-Regionen mit klaren Kompetenzprofilen in den jeweiligen Teilen Deutschlands“ stärken sollen.<sup>39</sup> Darüber hinaus setzt die HTAD auf wettbewerbliche und selektive Verfahren beispielsweise zur Auswahl von Standorten, Infrastrukturen und Clustern,<sup>40</sup> was im Ergebnis eine unterschiedliche Einbindung der Länder impliziert.

Damit eine selektive Beteiligung nicht als willkürliche Ungleichbehandlung wahrgenommen wird, bedarf es klarer und transparenter Auswahlkriterien wie der erwarteten Effektivität einer Maßnahme oder der Bereitschaft der jeweiligen Bundesländer zur Ko-Finanzierung von Maßnahmen. So könnte die Bundesregierung jeweils geeignete Bundesländer auswählen, die bei der Förderung einzelner Schlüsseltechnologien oder ausgewählter Vorhaben federführend mitwirken.<sup>41</sup>

### HTAD-Ziele und Stand der Umsetzung transparent kommunizieren

Der Erfolg der Hightech-Agenda hängt nicht allein vom Engagement der Bundesregierung, sondern zu einem wesentlichen Teil auch von dem der Akteure im deutschen F&I-System ab. Die HTAD muss daher effektiv kommuniziert werden, um die relevanten Akteure zu mobilisieren. Die hochkarätig besetzte Auftaktveranstaltung zur HTAD war in diesem Kontext ein wichtiges Startsignal.<sup>42</sup> Auch die Umsetzung der HTAD sollte transparent dargestellt werden. Um glaubwürdig zu sein, ist es essenziell, nicht nur Erfolge, sondern auch Verzögerungen zu dokumentieren. Ebenso wichtig ist es, die gesellschaftliche Akzeptanz und Offenheit gegenüber neuen Technologien zu fördern. Bundesregierung und Wissenschaftseinrichtungen sollten daher über die Potenziale und Risiken solcher Technologien transparent und wissenschaftlich basiert informieren.

# A2 Sicherheitsrelevante Forschung und Innovation

Aufgrund geopolitischer Spannungen rücken sicherheitspolitische Fragen zunehmend auf die Agenda der Bundesregierung. Die Sicherheitspolitik umfasst dabei die Dimensionen der äußeren und der inneren Sicherheit sowie der Betriebs- und der Versorgungssicherheit.<sup>43</sup> Hybride Bedrohungslagen<sup>44</sup> – die neben militärischen Gefahren auch wirtschaftlichen Druck, Cyberangriffe und Desinformation in den (sozialen) Medien umfassen können – stellen die Politik sowohl in strategischer als auch in technologischer Hinsicht vor neue Herausforderungen.

Ziel und Anspruch sollte es daher sein, gemeinsam mit den europäischen Partnern sicherheitsstrategische Kernkompetenzen und Innovationen zu stärken und Abhängigkeiten von anderen Ländern zu verringern. Das vorliegende Kapitel greift ausgewählte Aspekte sicherheitsrelevanter Forschung und Innovation (F&I) auf, die die Stärkung der sicherheitspolitischen Strategiefähigkeit (vgl. Abschnitt A2-1), die Erweiterung des Akteurskreises bei sicherheitsrelevanter F&I (vgl. Abschnitt A2-2) sowie die Förderung von Innovationen im Verteidigungsbereich durch beschaffungsseitige Maßnahmen und Sprunginnovationen (vgl. Abschnitt A2-3) betreffen.

Maßnahmen zur Stärkung der Strategiefähigkeit in der Sicherheitspolitik waren z. B. die Entwicklung der Nationalen Sicherheitsstrategie in der vergangenen und die Gründung des Nationalen Sicherheitsrats in der laufenden Legislaturperiode.<sup>45</sup> Die Expertenkommission empfiehlt, mit Hilfe geeigneter Strukturen und Formate sicherheitsrelevantes Know-how aufseiten der Wissenschaft zu nutzen und auszubauen, um die Strategiefähigkeit der Bundesregierung weiter zu erhöhen.

Der Kreis der Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft, die sicherheitsrelevante F&I betreiben, sollte erweitert werden. Zudem sollte die Vernetzung der Akteure befördert und stärker koordiniert werden. Dadurch können F&I-Aktivitäten bedarfsoorientierter ausgerichtet werden, die Absorptionsfähigkeit

von zusätzlichen F&I-Mitteln und einem erhöhten Beschaffungsvolumen gesteigert sowie kapazitätsbedingte Preissteigerungen gedämpft werden. Durch eine stärkere Vernetzung der Akteure können Innovationen im Verteidigungsbereich forciert und die für die Verteidigung relevante Resilienz und Anpassungsfähigkeit erhöht werden.

Damit die Bundeswehr zu einer technologisch führenden und damit leistungsfähigen Streitkraft werden kann, sollten F&I-politische Aspekte bei der Beschaffung vermehrt berücksichtigt und Sprunginnovationen im Verteidigungsbereich ermöglicht werden. Dies ist angesichts der geplanten massiven Erhöhung der Verteidigungsausgaben<sup>46</sup> sowie der hohen Bedeutung neuer Technologien für Abschreckung und Verteidigung besonders wichtig. Eine hohe technologische Leistungsfähigkeit im Verteidigungsbereich und im zivilen Sektor beeinflussen sich – aufgrund von Spillover-Effekten und des Dual-Use-Charakters vieler Technologien – gegenseitig und stärken insgesamt die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft sowie die technologische Souveränität.<sup>47</sup>

## A2-1 Sicherheitspolitische Strategiefähigkeit erhöhen

### Sicherheitspolitische Kompetenz stärken

Sicherheitspolitische Strategiefähigkeit beinhaltet, auf Krisen und Konflikte vorbereitet zu sein, klare Ziele zu verfolgen und politische Entscheidungen vorzubereiten.<sup>48</sup> Damit die Politik in einem Umfeld sich wandelnder Bedrohungslagen informiert und strategisch versiert handeln kann, muss sie auf Expertise zu sicherheitsbezogenen Herausforderungen sowie zu den entsprechenden politischen Handlungsoptionen zurückgreifen können.

Um dies zu erreichen, sollten einschlägige Forschung und Lehre sowie Wissenstransfer gestärkt werden. So konstatiert die Enquête-Kommission „Lehren aus Afghanistan für das künftige vernetzte

Engagement Deutschlands“ in ihrem Abschlussbericht, dass „das Wissen über Ursachen, Verlauf und Auswirkungen von Kriegen und Gewaltkonflikten in verschiedenen Weltregionen an deutschen Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Think Tanks ausgebaut“ und der Austausch zwischen Wissenschaft, Politik und Einsatzpraxis gefördert werden sollten.<sup>49</sup> Über die Friedens- und Konfliktforschung hinaus besteht Bedarf vor allem in den Bereichen der Strategischen Studien, der Sicherheitsstudien und der Nachrichtendienstlichen Studien.

Um für diese sicherheitspolitisch relevanten Forschungsfelder exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewinnen, sind attraktive Bedingungen für die offene anwendungsbezogene Grundlagenforschung notwendig. Durch sicherheitsbezogene Inhalte in der Hochschullehre können in diesem Themenfeld Fachkräfte ausgebildet und es kann wissenschaftlicher Nachwuchs gewonnen werden.

Sicherheitspolitisch relevante Forschung und Lehre im Sicherheitsbereich können etwa über die Förderung einschlägiger universitärer Studiengänge oder über die Einrichtung weiterer spezialisierter Institute oder Stiftungsprofessuren ausgebaut werden.<sup>50</sup> Gleichzeitig werden zwischen Forschung und Politik Kanäle des Wissenstransfers benötigt – etwa über Auftragsforschung, (institutionalisierte) Dialogformate oder das temporäre Einbinden von Forscherinnen und Forschern in die Ressortarbeit.<sup>51</sup>

Internationale Beispiele für eine starke institutionelle Verankerung der sicherheitspolitisch relevanten Forschung und Lehre sowie des Wissenstransfers sind etwa das Center for Security Studies an der ETH Zürich, das National Security College an der Australian National University und die School of Security Studies am King’s College London (vgl. Box A 2-1).

Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, im Bereich der sicherheitspolitisch relevanten Forschung und Lehre eine kleine Anzahl von exzellenten Einrichtungen auf- bzw. auszubauen. Dieser Auf- bzw. Ausbau sollte gemeinsam vom Bund und dem jeweiligen Sitzland gefördert werden. Bei positiver Evaluation kann sich, wie bei den KI-Kompetenzzentren, eine institutionelle Förderung anschließen.

### Förderung sicherheitsrelevanter Forschung bedarfsgerecht ausrichten

Um auf zukünftige Herausforderungen sowohl im sicherheitspolitisch-strategischen als auch im -technologischen Bereich vorbereitet zu sein, ist die sicherheitsbezogene Forschungsförderung des Bundes stärker als bisher auf die mittel- bis langfristig zu erwartenden Bedarfe auszurichten. Die Expertenkommission unterstützt deshalb ausdrücklich den Vorschlag des Wissenschaftsrats, ein Strategisches Dialogforum einzurichten.<sup>52</sup> Sie stimmt mit dem Wissenschaftsrat darin überein, dass ein allein entlang der Ressortlogiken oder der Bedürfnisse von Unternehmen oder anderen Akteuren ermittelter Forschungsbedarf der komplexen Sicherheitslage nicht länger gerecht wird.

Das Strategische Dialogforum institutionalisiert gemäß dem Vorschlag des Wissenschaftsrats einen regelmäßigen und systematischen Austausch von wissenschaftlichen sowie sicherheitspolitisch relevanten Akteuren, zu denen etwa Verantwortliche aus Kanzleramt und Ministerien sowie Vertreterinnen und Vertreter aus Bundeswehr, Polizei, Technischem Hilfswerk und einschlägigen Unternehmen gehören. Durch einen – dem Geheimschutz unterliegenden – Austausch zu wissenschaftlichen Erkenntnissen sowie zu verteidigungs- und sicherheitsrelevanten Bedarfen kann das Strategische Dialogforum eine Grundlage für eine bedarfsgerechte und effiziente Forschungsförderung sein. Es bietet sich an, das Strategische Dialogforum organisatorisch an den neu gegründeten Nationalen Sicherheitsrat anzugliedern.<sup>53</sup>

### A 2-2 Kreis der Akteure bei sicherheitsrelevanter Forschung und Innovation erweitern

#### Wissenschaftliche und unternehmerische Potenziale erschließen

Der Kreis der Akteure, die sicherheitsrelevante F&I betreiben, sollte erweitert werden. Um die drängenden und sich wandelnden sicherheitspolitischen Herausforderungen bewältigen zu können, sind neue, insbesondere technologische Lösungen erforderlich, die nicht notwendigerweise von den etablierten Akteuren hervorgebracht werden. Es gilt daher, die wissenschaftlichen und unternehmerischen Potenziale von bisher

### Box A 2-1 Beispiele für die institutionelle Verankerung von sicherheitspolitisch relevanter Forschung und Lehre sowie Wissenstransfer

#### Center for Security Studies an der ETH Zürich

Das Center for Security Studies (CSS) an der ETH Zürich versteht sich als Kompetenzzentrum für Schweizer und internationale Sicherheitspolitik, das sicherheitsrelevante Forschung mit Politikberatung verbindet.<sup>54</sup> Es unterhält eine strategische Partnerschaft mit dem Eidgenössischen Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) sowie dem Eidgenössischen Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA). Gemeinsam mit den politikwissenschaftlichen Professuren der ETH Zürich und der Universität Zürich bildet das CSS das Center for Comparative and International Studies (CIS). Die Forschung erfolgt in den Clustern „Digitale Technologien und Sicherheitspolitik“, „Konfliktlösung und Prävention“ sowie „Strategischer Wettbewerb im Zeitalter der Komplexität“. Das CSS ist im Departement für Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften (D-GESS) der ETH Zürich sowie im CIS der ETH Zürich und der Universität Zürich in die Lehre eingebunden und deckt dort sicherheitspolitische Themen ab.

#### National Security College an der Australian National University

Das National Security College (NSC) an der Australian National University (ANU) ist eine gemeinsame Initiative der australischen Regierung und der ANU mit dem Ziel, die nationalen Kompetenzen zu stärken und die Debatte über neue sicherheitsbezogene Herausforderungen und politische Optionen fundiert zu vertiefen.<sup>55</sup> Gemäß der gemeinsamen Charta von Regierung und ANU soll das NSC die Sicherheitskompetenzen Australiens verbessern sowie durch seine Programme in den Bereichen Führungskräfte- und Fachkräfteentwicklung, akademische Lehre und Forschung, Zukunftsanalyse, politisches Engagement, Dialog und Öffentlichkeitsarbeit die Fach-Community stärken.<sup>56</sup>

#### School of Security Studies am King's College London

Die School of Security Studies am King's College London gehört der Faculty of Social Science & Public Policy an und umfasst das Department of War Studies, das Defence Studies Department und das King's Institute for Applied Security Studies.<sup>57</sup> Die School of Security Studies ist nach eigenen Angaben eine der weltweit größten multidisziplinären Wissenschaftseinrichtungen, die sich mit der Lehre und Forschung zu allen Aspekten von Konflikten, Krieg, Sicherheit und Verteidigung befassen.

nicht im Sicherheitsbereich tätigen Akteuren zu erschließen.

Der Sicherheitsbereich erfährt sowohl in der Wissenschaft als auch in der Wirtschaft einen Bedeutungszuwachs, wie zwei kürzlich durchgeführte Befragungen belegen.

Der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft befragte im Zeitraum Dezember 2024 bis Februar 2025 die Leitungen der deutschen Hochschulen zu sicherheitsrelevanter Forschung. 161 Hochschulleitungen nahmen teil.<sup>58</sup> Auf die Frage, wie sich die Bedeutung sicherheitsrelevanter Forschung in den letzten fünf Jahren bei ihnen entwickelt hat, gaben 16,0 Prozent eine sehr deutliche und 37,0 Prozent eine leichte Zunahme an (vgl. Abbildung A 2-2). Die wichtigsten Herausforderungen bei sicherheitsrelevanter Forschung waren ein erhöhter bürokratischer Aufwand sowie die Einhaltung und Gewähr-

leistung von Sicherheitsstandards – sie wurden von 70,1 bzw. 66,7 Prozent der Hochschulleitungen als (eher) relevant eingestuft.

Eine im Jahr 2025 vom ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim durchgeführte Unternehmensbefragung zeigt, dass seitens der Wirtschaft Interesse besteht, sich im Bereich Sicherheit und Verteidigung verstärkt zu engagieren (vgl. Abbildung A 2-3). Zum Befragungszeitpunkt umfasste das Produkt- oder Dienstleistungsportfolio von 15,9 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe die Bereiche Sicherheit und Verteidigung; gut die Hälfte von ihnen (8,3 Prozent) plante hier eine Intensivierung. In der Informationswirtschaft waren 10,5 Prozent der Unternehmen in den Bereichen Sicherheit und Verteidigung tätig, knapp zwei Drittel (6,8 Prozent) planten eine Intensivierung. Bei 6,1 Prozent der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und

bei 3,3 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft umfasste das Produkt- oder Dienstleistungsportfolio zum Befragungszeitpunkt zwar noch nicht die Bereiche Sicherheit oder Verteidigung, aber eine Ausweitung des Portfolios auf diese Bereiche war vorgesehen.

### Vernetzung und Kooperation von F&I-Akteuren stärken

Strukturen für Vernetzungs- und Beratungsaktivitäten helfen Akteuren des F&I-Systems aus Wissenschaft oder Wirtschaft, neue Tätigkeitsfelder im Sicherheitsbereich zu erschließen, (neue) Kooperationen einzugehen und Kunden zu identifizieren. Hilfreich sind die Unterstützung von Start-ups oder weitere Maßnahmen des Wissenstransfers, die Informationsbeschaffungs- und Anbahnungskosten reduzieren können. So sehen Wirtschaftsverbände eine bessere Vernetzung und Kooperationen der Akteure als notwendig an.<sup>59</sup>

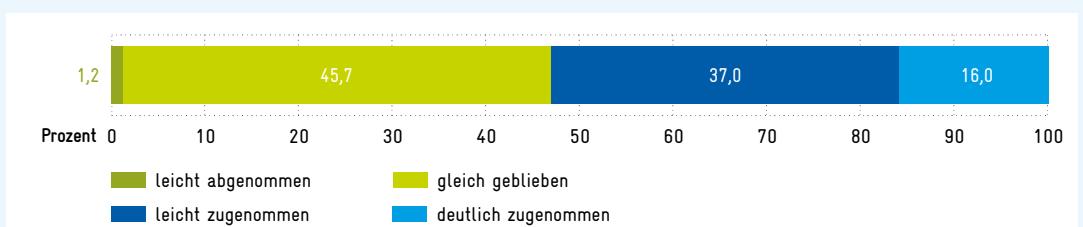
Einige Strukturen und Einrichtungen verfolgen im Sicherheitsbereich bereits diese oder ähnliche Zielsetzungen, beispielsweise der Palladion Defence Accelerator der Universität der Bundeswehr München, der an den Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic (DIANA) der NATO angeschlossen ist,<sup>60</sup> der Cyber Innovation Hub der Bundeswehr (CIHBw),<sup>61</sup> der von der Deutschen Raumfahrtagentur betriebene Space Innovation Hub<sup>62</sup> und der Digital Hub Security & Defense München, der zur Digital Hub Initiative (de:hub) der Bundesregierung zählt.<sup>63</sup>

Weitere Strukturen befinden sich derzeit im Aufbau, unter ihnen das Innovationszentrum der Bundeswehr in Erding (vgl. Box A 2-4) und die Innovation Hubs für Sicherheit und Verteidigung.<sup>64</sup>

Die Bundeswehr als Kooperationspartnerin für F&I-Projekte oder als Kundin für neue Lösungen zu gewinnen, gilt u. a. aufgrund der erhöhten Sicherheitserfordernisse als besonders schwierig. Die Expertenkommission begrüßt, dass die Bundesregierung Strukturen schafft, die darauf gerichtet sind, den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen Akteuren des F&I-Systems und der Bundeswehr zu verbessern. Der Aufbau weiterer Innovationszentren der Bundeswehr, die auf diejenigen Bedarfe ausgerichtet sind, die das Innovationszentrum in Erding nicht abdeckt – etwa die der Marine –, kann Vernetzung und Kooperation der Akteure weiter stärken. Bei der Entwicklung von Innovationszentren sollte stets eine Aufgeschlossenheit der Bundeswehr für eine Zusammenarbeit mit neuen Akteuren entlang des gesamten F&I-Prozesses gewährleistet sein.

Die Bundesregierung kündigte in der 2025 verabschiedeten Hightech Agenda Deutschland (HTAD) an, „in ausgewählten Technologiefeldern in ‚Innovation Hubs für Sicherheit und Verteidigung‘ die Kooperation zwischen ziviler und militärischer Forschung und Entwicklung“ zu fördern.<sup>65</sup> Diese Maßnahme ist dem strategischen Forschungsfeld „Sicherheits- und Verteidigungsforschung“ zugeordnet. Ende 2026 soll ein erster Hub etabliert werden, weitere sollen folgen.<sup>66</sup> Die Expertenkommission empfiehlt, beim Aufbau der Hubs auf die Erfahrungen bestehender Innovation Hubs

**Abb. A2-2 Entwicklung der Bedeutung sicherheitsrelevanter Forschung an Hochschulen in den fünf der Befragung vorausgegangenen Jahren (Befragung Winter 2024/2025)**



Lesebeispiel: 37,0 Prozent der an der Befragung des Hochschulbarometers 2025 teilnehmenden Hochschulleitungen gaben an, dass die Bedeutung sicherheitsrelevanter Forschung in den fünf der Befragung vorausgegangenen Jahren leicht zugenommen hat.

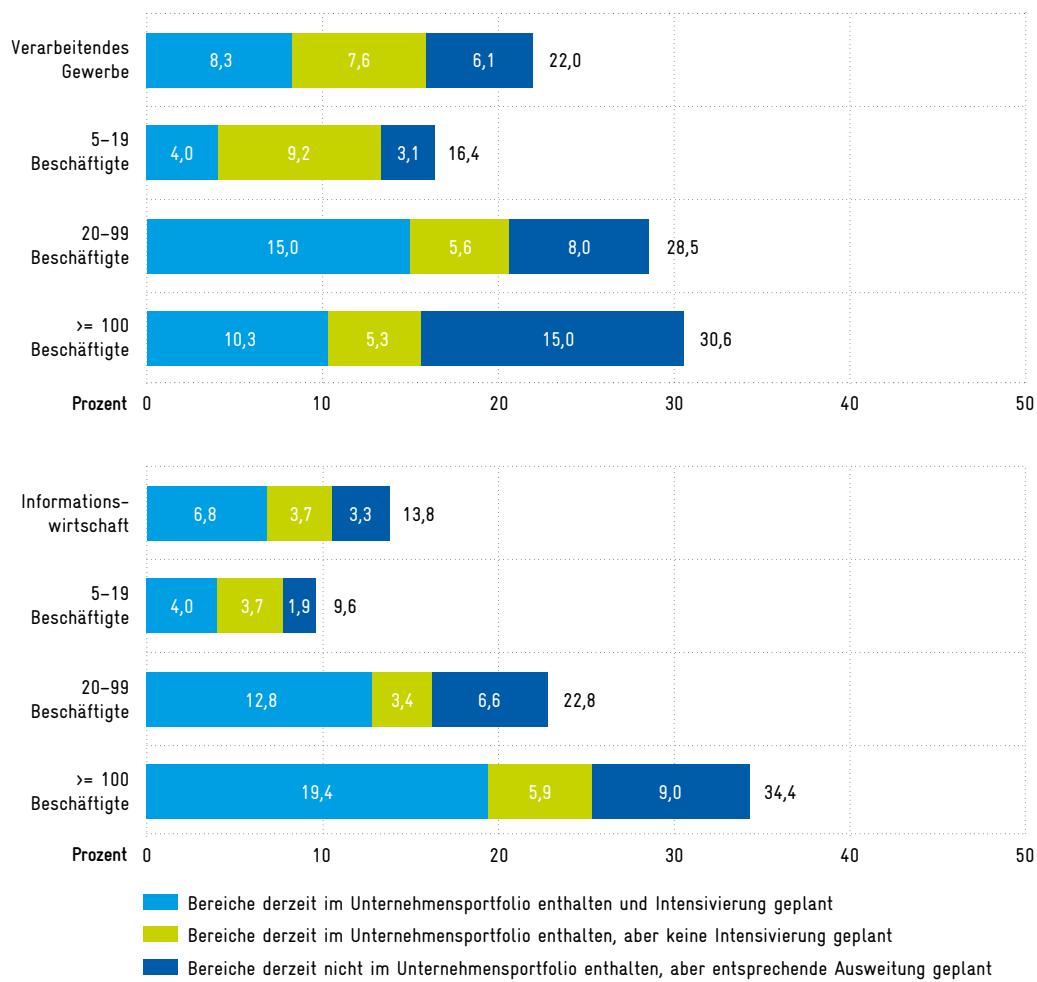
Quelle: Hochschul-Barometer 2025 in Gebert et al. (2025), Burk und Hetze (2025).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.



[Download der Abbildung und Daten](#)

 [Download der Abbildung und Daten](#)

**Abb. A2-3 Verbreitung der Bereiche Sicherheit und Verteidigung als Teil des Unternehmensportfolios, Anteil Unternehmen in Prozent**



Lesebeispiel: Im Verarbeitenden Gewerbe sind bei 10,3 Prozent der Unternehmen mit 100 und mehr Beschäftigten die Bereiche Sicherheit und Verteidigung im Unternehmensportfolio enthalten und es ist eine Intensivierung dieser Bereiche geplant. Rundungsdifferenzen sind möglich.

Quelle: ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 3. Quartal 2025.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

#### Box A2-4 Innovationszentrum der Bundeswehr in Erding

In Erding wird derzeit ein erstes Innovationszentrum der Bundeswehr etabliert, das „die technologie-getriebenen Innovationen zentral koordinieren und steuern und direkt vor Ort Truppe, militärische Forschung und Erprobung und

das zivile Innovations-Ökosystem zusammenbringen“ soll.<sup>67</sup> Nukleus des Innovationszentrums war das Innovationslabor System Soldat des Wehrwissenschaftlichen Instituts für Werk- und Betriebsstoffe.<sup>68</sup> In räumlichem Zusammenhang mit dem Innovationszentrum der Bundeswehr entsteht das von der Bayerischen Staatsregierung vorangetriebene Defence Lab Erding.<sup>69</sup>

zurückzugreifen, Synergien zu nutzen und Doppelstrukturen zu vermeiden. Es sollten unterschiedliche Konzepte erprobt und Politiklernen durch aussagekräftige Evaluationen ermöglicht werden. Relevant ist hierbei, ob die konkreten Projekte in den Hubs zu einer Erhöhung der Sicherheit beitragen, ob seitens der Projektpartner nachhaltige Strukturen und Netzwerke geschaffen werden und inwieweit private Mittel aktiviert werden können.

#### Strategie für Gründungen aus der Bundeswehr entwickeln

Durch ihre Kenntnisse über die Bedarfe und Strukturen in der Bundeswehr können Soldatinnen und Soldaten eine wertvolle Quelle für neue Produktideen sein. Ein Weg, solche Produktideen zu realisieren, sind Unternehmensgründungen der ideengebenden Soldatinnen und Soldaten. Ein prominentes Beispiel ist das Unternehmen ARX Robotics Landsysteme, das von drei Offizieren der Bundeswehr gegründet wurde.<sup>70</sup>

Die Expertenkommission regt an, Gründungen aus der Bundeswehr aktiv zu unterstützen und dafür eine Strategie zu entwickeln, die soweit wie möglich an bestehende Programme anknüpft,<sup>71</sup> aber auch den Besonderheiten des Verteidigungssektors Rechnung trägt. So könnte etwa Berufssoldatinnen und -soldaten zum Ende ihrer Dienstzeit eine „Gründerzeit“ angeboten werden, in der sie die Unternehmensgründung vorbereiten und einen Prototyp entwickeln können. Die Bundeswehr könnte in dieser Zeit aktiv unterstützen, z. B. indem sie Testmöglichkeiten für Prototypen bereitstellt.

### A 2-3 Innovationen im Verteidigungsbereich befördern

#### Potenziale der innovationsorientierten Beschaffung von Verteidigungsgütern nutzen

Am 15. Januar 2026 hat der Bundestag das Gesetz zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr (Bundeswehrbeschaffungsbeschleunigungsgesetz – BwBBG) verabschiedet. Das Gesetz ist befristet und wird mit Ablauf des Jahres 2035 außer Kraft treten.

Das Gesetz zielt darauf ab, die Vergabe öffentlicher Aufträge und die Errichtung verteidigungswichtiger Anlagen zu beschleunigen sowie die innovations-

orientierte Beschaffung zu stärken,<sup>72</sup> um „perspektivisch auch auf künftige Bedrohungen adäquat reagieren zu können“.<sup>73</sup>

Die Expertenkommission begrüßt, dass der Gesetzgeber mit dem Bundeswehrbeschaffungsbeschleunigungsgesetz auch die innovationsorientierte Beschaffung in den Blick nimmt (vgl. Box A 2-5).<sup>74</sup> Das Gesetz überträgt das Instrument der Innovationspartnerschaften ausdrücklich auch auf verteidigungs- und sicherheitsspezifische öffentliche Aufträge, präzisiert die Möglichkeiten der Durchführung von Markterkundungen und spricht die Möglichkeit funktionaler Leistungsbeschreibungen an. Diese Instrumente standen zwar im Prinzip bereits zuvor zur Verfügung,<sup>75</sup> erfahren aber nun eine Stärkung. Darüber hinaus ermöglicht das Gesetz Wettbewerbe zur Entwicklung innovativer Konzepte und die Vereinbarung von Updates und Upgrades bei IT-Leistungen.

Innovationspartnerschaft, Markterkundung, funktionale Leistungsbeschreibung und Wettbewerbe stehen für die vergaberechtlichen Möglichkeiten einer innovationsorientierten öffentlichen Beschaffung – es gilt nun, diese Potenziale zu nutzen.

Zuständig für die bedarfsgerechte Ausstattung der Bundeswehr ist das Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw). Es ist erforderlich, die dort vorhandenen technischen, rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Kompetenzen verstärkt für ein strategisches Beschaffungsmanagement zu erschließen und auszubauen.<sup>76</sup> Bislang hat die Bundeswehr ihren strategischen Beschaffungsprozess zweigeteilt – in einen Planungsprozess und einen Beschaffungsprozess im engeren Sinne.<sup>77</sup> Zukünftig sollte das Wissen über am Markt vorhandene Innovationen und Innovationspotenziale deutlich früher in den Gesamtprozess integriert werden.<sup>78</sup> Es stellt sich jedoch – bei aller Kompetenz, über die das BAAINBw verfügt – die Frage, wie die Etablierung einer Kultur der innovationsorientierten Beschaffung innerhalb der bestehenden Strukturen gelingen kann. Die etablierten Prozesse sind vor allem auf die Realisierung des niedrigsten Preises und auf Rechtssicherheit ausgerichtet.<sup>79</sup>

Innerhalb des BAAINBw sollte deshalb ein eigenständiger „Arm“ aufgebaut werden, der für die Beschaffung innovativer Produkte und Leistungen für die Bundeswehr zuständig ist. Notwendig sind

## Box A 2-5 Instrumente der innovationsorientierten Beschaffung im Gesetz zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr

### Innovationspartnerschaft

Gemäß § 14 Abs. 1 BwBBG kann die Auftragsvergabe bei Beschaffungen für die Bundeswehr, wie im zivilen Bereich bereits etabliert (§ 19 Vergabeverordnung), auch als Innovationspartnerschaft ausgestaltet werden.<sup>80</sup> Voraussetzung ist, dass ein Beschaffungsbedarf nicht durch auf dem Markt bereits verfügbare Liefer- oder Dienstleistungen befriedigt werden kann. Innovationspartnerschaften werden im Rahmen eines mehrstufigen Vergabeverfahrens geschlossen.<sup>81</sup> Die Innovationspartnerschaften selbst bestehen aus zwei Phasen: (1) Die Forschungs- und Entwicklungsphase umfasst die Herstellung von Prototypen oder die Entwicklung der Dienstleistung. (2) In der Leistungsphase wird die aus der Partnerschaft hervorgegangene Leistung erbracht. Für beide Phasen werden Zwischenziele festgelegt, bei deren Erreichen jeweils eine Vergütung gezahlt wird. Der öffentliche Auftraggeber kann auf der Grundlage der Zwischenziele am Ende jedes Entwicklungsabschnitts entscheiden, ob er die Innovationspartnerschaft beendet.<sup>82</sup>

Zwar wurde die Innovationspartnerschaft neu eingeführt, aber es wäre auch möglich gewesen, ein Verhandlungsverfahren so auszustalten, dass es einer Innovationspartnerschaft entspricht.<sup>83</sup>

### Markterkundungen

§ 14 Abs. 2 BwBBG stellt klar, dass die öffentlichen Auftraggeber vor der Einleitung eines Vergabeverfahrens Markterkundungen zur Vorbereitung der Auftragsvergabe und zur Unterrichtung der Unternehmen über ihre Auftragsvergabepläne und -anforderungen durchführen dürfen.<sup>84</sup> Zudem dürfen öffentliche Auftraggeber im Rahmen der Markterkundung den Rat von Marktteilnehmern einholen oder annehmen und diesen Rat für die Planung und Durchführung des Vergabeverfahrens nutzen.

### Funktionale Leistungsbeschreibungen

Laut § 14 Abs. 3 BwBBG soll der Auftraggeber – sofern keine marktverfügbaren Leistungen vorliegen – prüfen, ob die Leistungsanforderungen in Form funktionaler Leistungsbeschreibungen innovationsoffen ausgeschrieben werden können.<sup>85</sup> Auftraggeber sollen, so die Gesetzesbegründung, nachdrücklich angeregt werden, insbesondere bei Fehlen marktverfügbarer Leistungen häufiger und weitgehender von funktionalen Anforderungen in der Leistungsbeschreibung Gebrauch zu machen, um Innovationen zu fördern.

### Wettbewerbe

Auftraggeber können gemäß § 14 Abs. 4 BwBBG Wettbewerbe zur Entwicklung innovativer Konzepte ausloben.

### Vereinbarung von Updates und Upgrades

§ 14 Abs. 5 BwBBG ermöglicht, bei der Vergabe von IT-Leistungen und der Vergabe von Aufträgen, die auch IT-Leistungen umfassen, angemessene Updates und Upgrades zu vereinbaren.

hier ein hohes Maß an Freiheit und eine positive Fehlerkultur. Es ist angebracht, die innovationsorientierte Beschaffung eng mit dem Innovationszentrum der Bundeswehr in Erding zu verknüpfen,<sup>86</sup> in dem technologische Innovationen entwickelt und erprobt werden sollen, und perspektivisch ggf. auch mit weiteren Innovationszentren der Bundeswehr.

Um der innovationsorientierten Beschaffung schnell mehr Gewicht zu verleihen, wäre die – ggf. befristete – Einführung einer Quote denkbar. So könnte etwa ein vorab festgelegter Anteil des Beschaffungsbudgets im Rahmen innovationsorientierter Beschaffungsinstrumente – also etwa unter

Verwendung von Innovationspartnerschaften oder funktionalen Leistungsbeschreibungen – zu verausgaben sein.

Darüber hinaus wäre es denkbar, den militärischen Einheiten der Bundeswehr ein begrenztes Beschaffungsbudget zur Verfügung zu stellen, um – ausgehend von den eigenen Bedarfen – die Nutzung von am Markt verfügbaren Produkten und Dienstleistungen in der Bundeswehr zu testen. Eine derartige Dezentralisierung innovationsorientierter Beschaffung kann nur dann ihre volle Wirkung entfalten, wenn die Erfahrungen mit diesen Produkten und Dienstleistungen innerhalb der Bundeswehr geteilt

und im Rahmen des strategischen Beschaffungsmanagements systematisch ausgewertet werden.<sup>87</sup> Ein Beispiel für eine dezentrale Beschaffung ist das Innovationsprojekt „Bottom-up Drone Innovation“ (BUDI) der Schweizer Armee, bei dem dezentral handelsübliche Drohnen angekauft wurden.<sup>88</sup>

### Entstehung von Sprunginnovationen forcieren

Obwohl das Gesetz zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr die innovationsorientierte Beschaffung stärken kann, sind die Beschaffungsstrukturen nicht darauf ausgerichtet, die Entstehung von Sprunginnovationen zu fördern.<sup>89</sup> Sie sollte daher außerhalb der klassischen Beschaffungsstrukturen und -prozesse gefördert werden.

Derzeit verfügt Deutschland über zwei Agenturen zur Förderung von Sprunginnovationen: die Bundesagentur für Sprunginnovationen SPRIND und die Agentur für Innovation in der Cybersicherheit (Cyberagentur) (vgl. Box A 2-6). Beide Agenturen decken jedoch Sprunginnovationen im Verteidigungsbereich nur begrenzt ab. Die SPRIND ist zwar mittlerweile auch im Dual-Use-Bereich tätig,<sup>90</sup> aber im Hinblick auf die Förderung von Sprunginnovationen für die Bundeswehr derzeit nicht in geeigneter Weise aufgestellt.<sup>91</sup> Die Cyberagentur wiederum kann die Förderung von Sprunginnovationen durch die inhaltliche Ausrichtung auf Cybersicherheit und die Fokussierung auf niedrige Technologiereifegrade nicht für den gesamten Verteidigungsbereich abdecken.

Verschiedene Akteure schlagen für den Verteidigungsbereich die Gründung einer europäischen Agentur für Sprunginnovationen vor.<sup>92</sup> Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung jedoch, Sprunginnovationen im Verteidigungsbereich zunächst im nationalen Rahmen zu fördern, sei es durch den Ausbau der SPRIND oder durch Gründung einer eigenständigen Agentur. So werden langwierige Abstimmungsprozesse im Zuge einer Gründung auf europäischer Ebene vermieden. Diese nationale Agentur kann dann strategische Partnerschaften mit Agenturen sowohl anderer EU-Staaten als auch anderer NATO-Staaten schließen oder zu einer europäischen Agentur ausgebaut werden (vgl. Kapitel A 3).

Die Arbeit der mit hohen Freiheitsgraden ausstattenden Agentur sollte auf ein breites Spektrum an Technologiereifegraden ausgerichtet sein. Damit die Ergebnisse erfolgreicher Projekte mittel- bis langfristig tatsächlich zu einer höheren Verteidigungsfähigkeit führen können, ist eine enge Anbindung an die Bundeswehr vonnöten. Die (geplanten) Innovationszentren der Bundeswehr können dabei eine Brückenfunktion einnehmen.

Um die Potenziale der Cyberagentur zu stärken, spricht sich die Expertenkommission dafür aus, auch deren Möglichkeiten, agil zu handeln, zu erweitern. Darüber hinaus sollte der Auftrag der Cyberagentur so erweitert werden, dass sie auch Anschlussprojekte mit höheren Technologiereifegraden fördern kann.

### Box A 2-6 Agenturen in Deutschland zur Förderung von Sprunginnovationen

#### Bundesagentur für Sprunginnovationen SPRIND

Die SPRIND wurde 2019 gegründet, um im zivilen Bereich gezielt Sprunginnovationen zu fördern.<sup>93</sup> Ende 2023 trat das SPRIND-Freiheitsgesetz in Kraft, das die Möglichkeiten der SPRIND, agil zu handeln, erweiterte und den Tätigkeitsbereich der SPRIND nicht auf Sprunginnovationen im zivilen Bereich beschränkt.<sup>94</sup> Aufgabe der SPRIND ist es, Sprunginnovationen zu identifizieren, zu validieren und zu fördern.<sup>95</sup> Sie konzentriert sich auf Projekte der Technologiereifegrade 3 bis 7.<sup>96</sup>

#### Agentur für Innovation in der Cybersicherheit

Die Cyberagentur ist eine 2020 gegründete Gesellschaft, die als Projektträger tätig ist mit dem Ziel, innovative Lösungen im Bereich der Cybersicherheit voranzutreiben.<sup>97</sup> Dabei hat die Cyberagentur die voraussichtlich in zehn bis 15 Jahren bestehenden Bedarfe zum Schutz der inneren und äußeren Sicherheit im Blick. Sie beauftragt Forschungsvorhaben der anwendungsbezogenen Grundlagenforschung im Bereich der Technologiereifegrade 1 bis 4.<sup>98</sup> Die Ergebnisse der Projekte werden dem Bund zur Verfügung gestellt.

# A3 Europäische F&I-Politik

Die F&I-Politik der Europäischen Union (EU) verfolgt das Ziel, mittels Bündelung nationaler Ressourcen einen europäischen Mehrwehrt zu erzeugen. Durch ein koordiniertes Vorgehen und gemeinsame Investitionen in Forschung und Innovation (F&I) sollen Größenvorteile genutzt sowie Risikoteilung und grenzüberschreitende Kooperationen ermöglicht werden.<sup>99</sup>

Zentrales Instrument der europäischen F&I-Politik sind die mehrjährigen Rahmenprogramme für Forschung und Innovation. Das aktuelle Forschungsrahmenprogramm Horizont Europa (FP9) mit seiner Laufzeit von 2021 bis 2027 soll u. a. die Hervorbringung und Verbreitung exzenter Erkenntnisse und hochwertiger Technologien unterstützen, Talente auf allen Ebenen gewinnen, zur Bewältigung der globalen Herausforderungen – einschließlich des Klimawandels und der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen – beitragen und die Wettbewerbsfähigkeit der EU stärken.<sup>100</sup>

Im Juli 2025 hat die EU-Kommission ihren Vorschlag für ein 10. Forschungsrahmenprogramm (FP10) vorgelegt, das von 2028 bis 2034 laufen soll.<sup>101</sup> Für die Finanzierung des Programms sieht die EU-Kommission Mittel in Höhe von 175 Milliarden Euro vor, was eine deutliche Aufstockung gegenüber dem mit 95,5 Milliarden Euro ausgestatteten laufenden FP9 bedeutet.<sup>102</sup> Zugleich hat sich die Ausrichtung des FP10 gegenüber dem FP9 verschoben: Angesichts der anhaltenden Wachstumsschwäche in vielen europäischen Mitgliedstaaten wird die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit als zentrales Ziel des künftigen Forschungsrahmenprogramms formuliert. Diese stärkere Fokussierung auf das Thema Wettbewerbsfähigkeit wird auch durch die Pläne der EU-Kommission deutlich, das FP10 eng mit dem geplanten Europäischen Wettbewerbsfonds (European Competitiveness Fund, ECF)<sup>103</sup> zu verknüpfen.<sup>104</sup> Mit einem vorgeschlagenen Budget von 234,3 Milliarden Euro ist der ECF – ebenso wie das FP10 – Bestandteil des Entwurfs für den neuen Mehrjährigen Finanzrahmen (MFR), der den Zeitraum 2028 bis 2034 umfasst.<sup>105</sup>

Der Plan zur Einrichtung des ECF wurde im Juli 2025 vorgestellt und beruft sich auf den sogenannten Draghi-Bericht.<sup>106</sup> Das übergeordnete Ziel des ECF besteht laut EU-Kommission darin, die Wettbewerbsfähigkeit Europas zu steigern, insbesondere in als strategisch betrachteten Sektoren und Technologien wie künstliche Intelligenz, Raumfahrt und Biotechnologie.<sup>107</sup> Durch die Verknüpfung des FP10 mit dem ECF soll ein nahtloser Übergang von der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung hin zu Start-ups und weiterem Unternehmenswachstum ermöglicht werden.<sup>108</sup>

Die Expertenkommission weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Wettbewerbsfähigkeit strenggenommen eine Eigenschaft von Unternehmen und nicht von Staaten oder Staatenverbünden ist. Staaten schaffen lediglich den Rahmen, der es Unternehmen ermöglicht oder erschwert, wettbewerbsfähig zu sein. Aus Gründen der Einfachheit und in Übereinstimmung mit der gängigen Sprachpraxis wird im Folgenden dennoch die verkürzte Formulierung „Wettbewerbsfähigkeit der EU“ verwendet.

## A3-1 Grundlagenforschung in FP10 erhalten

### Enge Verknüpfung von ECF und FP10 geplant

Die von der EU-Kommission angekündigte enge Verknüpfung von ECF und FP10 wird vor allem in der thematischen Ausrichtung der „Säule II Wettbewerbsfähigkeit und Gesellschaft“ des FP10 deutlich. Die Säule II umfasst die Verbundforschung und bildet mit einem Budget von 76 Milliarden Euro den finanziellen Schwerpunkt des FP10 (vgl. Abb. A 3-1).

Die im Teil „Wettbewerbsfähigkeit“ aufgeführten thematischen Schwerpunkte decken sich mit den Schwerpunkten („policy windows“) des ECF. Diese sind 1. Umstellung auf saubere Energie und Dekarbonisierung der Industrie; 2. Gesundheit, Biotechnologie, Landwirtschaft und Bioökonomie; 3. Digitale Führungsrolle; 4. Resilienz und Sicherheit,

Verteidigungsindustrie und Weltraum. Aufgabe des FP10 soll es sein, Forschungs- und Innovationsaktivitäten gemäß diesen ECF-Themenschwerpunkten zu unterstützen.<sup>109</sup> Die thematische Verknüpfung der Säule II des FP10 mit den Schwerpunkten des ECF soll zu einem besseren Ineinandergreifen von Forschung und Anwendung beitragen. Wie die Abstimmung zwischen den beiden Programmen organisiert werden soll, ist allerdings noch nicht geklärt.

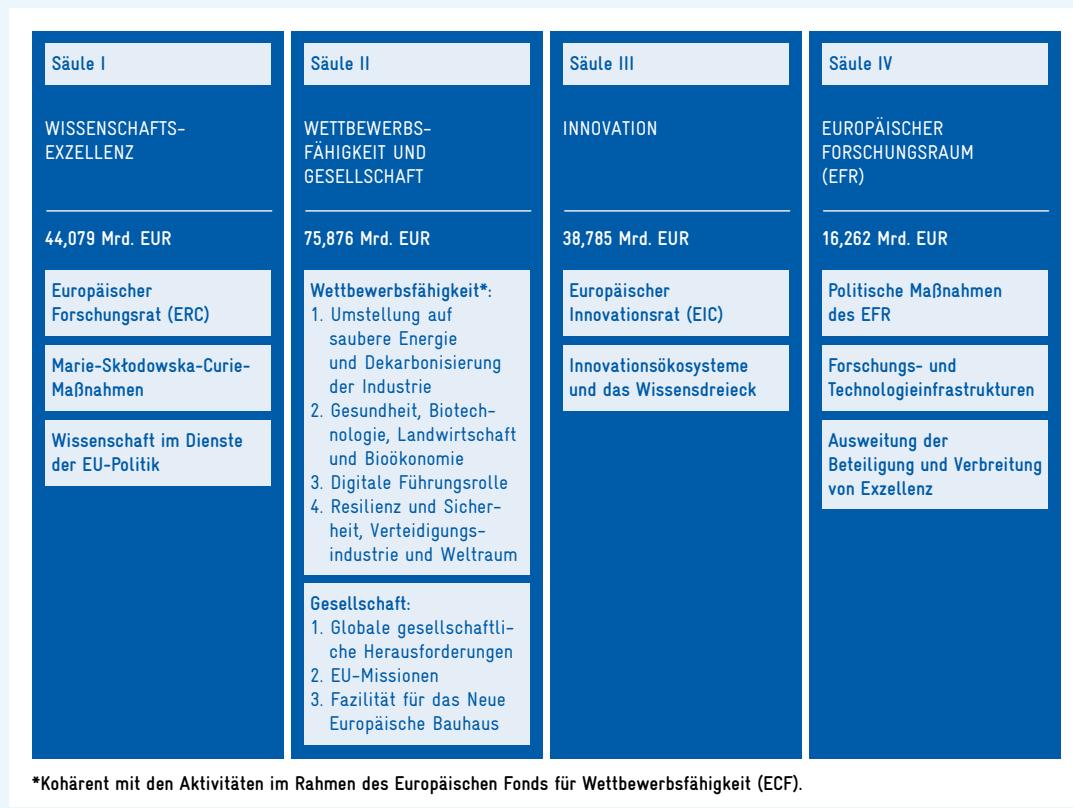
Im laufenden FP9 steuern die den einzelnen Schwerpunktthemen zugeordneten Programm-ausschüsse (Programme Committees), in denen auch die zuständigen nationalen Fachministerien vertreten sind, die in Säule II organisierte Verbundforschung. Zudem können Forscherinnen und Forscher aus Deutschland über die vom Bund finanzierten nationalen Kontaktstellen eigene Themenvorschläge einbringen. Damit besteht für Mitgliedstaaten sowie für Forscherinnen und Forscher die Möglichkeit, auf die Ausrichtung der Verbund-

forschung Einfluss zu nehmen. Ob es diese Möglichkeit im FP10 noch geben wird, ist offen. Zwar ist die Einrichtung eines mit Expertinnen und Experten besetzten Strategic Stakeholder Boards angekündigt, über die Besetzung des Boards soll aber die EU-Kommission entscheiden.

### Schwächung der Grundlagenforschung befürchtet

An der geplanten Verknüpfung von FP10 und ECF wird von europäischen und deutschen Wissenschaftsverbänden zum Teil deutliche Kritik geäußert.<sup>110</sup> So wird befürchtet, dass durch die Verknüpfung insbesondere die Programme der Säulen II und III des FP10 stärker als bisher an wirtschaftliche oder industrielpolitische Ziele der EU-Kommission gebunden werden.<sup>111</sup> Mit diesen Zielen nicht kongruente oder risikoreiche Forschungsprojekte könnten dadurch benachteiligt werden.<sup>112</sup> Wissenschaftsverbände sehen die Gefahr, dass es im FP10 noch engere thematische Vorgaben geben könnte,

**Abb. A3-1 Struktur des geplanten EU-Forschungsrahmenprogramms „FP10“ (2028–2034)**



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf European Commission (2025e).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.



[Download der Abbildung](#)

die den Entdeckungsraum der Forscherinnen und Forscher begrenzen.<sup>113</sup> Sie verweisen in diesem Zusammenhang darauf, dass durch Neugier getriebene Forschung eine der zentralen Grundlagen für die wissenschaftliche Stärke ist, da sie neues Wissen erschließt, aus dem viele Erkenntnisse hervorgehen, die wiederum neue Technologien mit dem Potenzial zur gesellschaftlichen Transformation hervorbringen.<sup>114</sup> Bereits im sogenannten Heitor-Bericht war gefordert worden, die engen thematischen Vorgaben innerhalb der Forschungsrahmenprogramme zu lockern.<sup>115</sup> Darüber hinaus wird von Wissenschaftsverbänden befürchtet, eine enge Ausrichtung des FP10 an den bislang nicht konkretisierten industrie- und anwendungsorientierten Zielen des ECF werde zu einer Fokussierung auf höhere Technology Readiness Levels (TRL) und damit zu einer Schwächung der Grundlagenforschung führen.<sup>116</sup>

Unabhängig von der Diskussion um mögliche Folgen der Verknüpfung von ECF und FP10 gibt es Hinweise auf einen grundsätzlichen Reformbedarf der Verbundforschung in Säule II. Wissenschaftsorganisationen kritisieren schon für das laufende FP9, dass die Verbundforschung in Säule II stark auf kurzfristig kommerzialisierbare Ziele im hohen TRL-Bereich und in vorgegebenen Themenfeldern ausgerichtet ist und zu wenig Raum für Grundlagenforschung und bahnbrechende Innovationen lässt.<sup>117</sup> Zudem sei sie primär auf etablierte Unternehmen ausgerichtet.<sup>118</sup>

Ferner stehen die formalen Kooperationsanforderungen in der Kritik, weniger an wissenschaftlichen als vielmehr an politischen Zielsetzungen wie regionalen und disziplinären Proporz-Anforderungen ausgerichtet zu sein.<sup>119</sup> Kritisiert werden auch die hohen administrativen Kosten, die mit Bewerbung und Teilnahme an Verbundforschungsprojekten verbunden sind.<sup>120</sup> Dabei ist zu berücksichtigen, dass die hohen administrativen Kosten ein allgemeines Problem der Teilnahme am EU-Forschungsrahmenprogramm darstellen, weshalb für die administrative und finanzielle Projektsteuerung zunehmend spezialisierte private Dienstleister herangezogen werden.<sup>121</sup>

### Verknüpfung von ECF und FP10 mit Augenmaß vorantreiben

Die Expertenkommission befürwortet die Absicht der EU-Kommission, die Wettbewerbsfähigkeit der

EU durch die Einrichtung des ECF zu verbessern. Sie gibt aber zu bedenken, dass die Verknüpfung von ECF und FP10 (insbesondere Säule II) dazu führen kann, dass industrieorientierte, anwendungsnahe Forschung auf Kosten von Grundlagenforschung und von auf bahnbrechende neue Ideen gerichteter Forschung ausgebaut wird. Dieses Vorgehen kann zwar kurzfristig den Transfer aus der Forschung in die Anwendung stärken und somit zu mehr Wachstum bei den geförderten Unternehmen führen. Allerdings birgt es das Risiko, dass damit die Förderung neuer Ideen und bahnbrechender Innovationen, die eine wichtige Grundlage für die langfristige Sicherung von Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum sind, zu kurz kommt. Die Verknüpfung von Säule II des FP10 (Verbundforschung) und des ECF sollte daher mit Augenmaß erfolgen. Ansonsten ist zu befürchten, dass eine noch stärkere politische Steuerung die oben beschriebenen Defizite verschärft.

Ferner sollten die Rahmenbedingungen der Verbundforschung im FP10 dringend überarbeitet werden. Dabei ist es wichtig, die Verbundforschung für Impulse aus der Wissenschaft offenzuhalten und nicht ausschließlich auf anwendungsbezogene Forschungsprojekte in hohen TLR-Bereichen auszurichten, die vom ECF vorgegeben werden. Um Raum für neue Ideen zu schaffen, müsste zumindest ein Teil der Forschungsförderung für Projekte ohne enge thematische Vorgaben zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus sollte es mehr Freiheitsgrade dahingehend geben, dass Umfang und Format von Kooperationen bottom-up durch die Forscherinnen und Forscher bestimmt und nicht top-down vorgegeben werden.

In diesem Zusammenhang weist die Expertenkommission auf die im Heitor-Bericht formulierte Empfehlung hin, stärker mit neuen Förderinstrumenten wie Innovationspreisen, ARPA-ähnlichen Projekten sowie innovativen Methoden zur Identifizierung und Begutachtung von Forschungsvorhaben zu experimentieren.<sup>122</sup>

### A3-2 Sprunginnovationen ermöglichen

#### Voraussetzungen für ARPA-ähnliche Arbeitsweise im EIC bislang nicht gegeben

Die EU-Kommission hat angekündigt, den Europäischen Innovationsrat (European Innovation Council, EIC) in Säule III ausbauen zu wollen. So

soll der EIC künftig mehr ARPA-ähnliche Mechanismen einführen, um bahnbrechende Innovationen voranzutreiben.<sup>123</sup> Die US-amerikanischen ARPA-Einrichtungen zeichnen sich durch hohe operative Autonomie, flache Hierarchien sowie flexible Personal- und Finanzierungsregeln aus. Zentrale Akteure sind befristet eingesetzte Programmmanagerinnen und -manager, die mit großem Ermessensspielraum missionsorientierte Programme entwickeln, Projekte nach eigenem fachlichem Ermessen auswählen sowie portfoliobasiert und entlang klar definierter Meilensteine steuern. Ziel ist es, Technologien in frühen, risikoreichen TRL-Phasen gezielt weiterzuentwickeln und zur Einsatzreife zu bringen.<sup>124</sup> Ein bekanntes ARPA-Instrument sind die sogenannten Challenges – Innovationswettbewerbe, mit denen gezielt Durchbrüche in klar umrissenen Problem-bereichen angestoßen werden sollen.

Ferner soll der EIC – zusätzlich zu seinen zivilen Projekten – Projekte bzw. Unternehmen aus dem Bereich Dual Use fördern.<sup>125</sup> Die Ankündigung, die bislang ausschließlich zivile Orientierung des EIC und der europäischen Forschungsrahmenprogramme aufzugeben, wird von einigen Wissenschaftsverbänden kritisch kommentiert.<sup>126</sup> Es wird u. a. moniert, dass der Rückgriff auf Mittel aus dem Forschungsrahmenprogramm zur Finanzierung von Verteidigungs- und Dual-Use-Aktivitäten den Mittelumfang für die zivile Forschung massiv reduzieren würde.<sup>127</sup>

Unabhängig von der Kritik an der Aufhebung der ausschließlich zivilen Orientierung des EIC wird bemängelt, dass der EIC gar nicht über die Voraussetzungen für eine ARPA-ähnliche Arbeitsweise verfügt, da jede ARPA-ähnliche Institution in ihrer operativen Arbeit unabhängig von politischer Steuerung und Kontrolle sein müsse.<sup>128</sup> Diese Voraussetzung ist beim EIC nicht gegeben. Der EIC ist keine eigenständige Organisation. Seine zentralen Förderinstrumente – Accelerator, Transition und Pathfinder – werden von der Exekutivagentur für den Europäischen Innovationsrat und KMU (EISMEA) verwaltet, die der EU-Kommission untersteht. Das EIC Board und sein Präsident werden von der EU-Kommission ernannt und haben lediglich eine beratende Funktion; die Entscheidungsgewalt liegt bei der EU-Kommission.<sup>129</sup> Ferner verfügt der EIC nicht in vergleichbarem Maße wie die ARPA-Einrichtungen über unabhängige Programmmanagerinnen und -manager. Aus diesem Grund hat das EIC Board der EU-Kommission eine größere Auto-

nomie der Programmmanagerinnen und -manager vorgeschlagen.<sup>130</sup> Abgesehen von ihrer fehlenden Unabhängigkeit stehen die Programmmanagerinnen und -manager vor der Herausforderung, jeweils eine hohe Zahl an Projekten betreuen zu müssen.<sup>131</sup> Eine enge Projekt-Begleitung, wie sie bei den ARPA-Einrichtungen praktiziert wird, ist daher kaum möglich. Ein weiterer Unterschied zwischen dem EIC und den ARPA-Institutionen besteht hinsichtlich der administrativen Abläufe. Während die ARPA-Institutionen als sehr agil beschrieben werden,<sup>132</sup> gelten die Auswahlmechanismen des EIC als bürokratisch.<sup>133</sup>

Ein zusätzliches Problem bei der Implementierung ARPA-ähnlicher Strukturen liegt in der für die EU bislang unüblichen Praxis, die Fortschritte von geförderten Projekten konsequent anhand vorab definierter Kriterien zu bemessen und die Förderung einzustellen, wenn die Fortschritte ausbleiben.

### Förderung von Sprunginnovationen mit europäischen Partnern ausbauen

Die Expertenkommission erachtet es als notwendig, Sprunginnovationen nicht nur auf nationaler Ebene, sondern auch gemeinsam mit europäischen Partnerländern zu fördern. Die geplante Einführung ARPA-ähnlicher Mechanismen im EIC wäre dafür ein möglicher Schritt. Um diese Mechanismen zu schaffen, bedarf es allerdings zweier grundsätzlicher Voraussetzungen, die bislang nicht erfüllt sind: Der EIC muss zu einer eigenständigen Organisation weiterentwickelt werden, die der Steuerung durch die EU-Kommission entzogen ist. Darüber hinaus benötigt der EIC einen mit den ARPA-Institutionen vergleichbaren Kreis unabhängiger Programmmanagerinnen und -manager. Sollte die EU-Kommission nicht bereit sein, dem EIC diese notwendige politische und operative Unabhängigkeit, beispielsweise mittels eines EIC-Freiheitsgesetzes, zuzubilligen, rät die Expertenkommission, die Förderung von Sprunginnovationen durch Institutionen außerhalb bestehender EU-Strukturen voranzutreiben.

Grundsätzlich skeptisch ist die Expertenkommission hinsichtlich der Förderung von Sprunginnovationen im Sicherheits- und Verteidigungsbereich auf EU-Ebene. Die EU verfügt über keine eigenen militär- und sicherheitspolitischen Fähigkeiten und Entscheidungskompetenzen, da Sicherheits- und

Verteidigungspolitik in Europa nach wie vor nationalstaatlich organisiert sind.<sup>134</sup> Die Entwicklung innovativer Lösungen für die Bedarfe im Sicherheits- und Verteidigungsbereich sollte daher über die entsprechend ausgerichteten internationalen Organisationen, beispielsweise über die NATO, oder direkt von den europäischen Staaten – einzeln oder im Verbund – organisiert werden. Mit dem Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic (DIANA) hat die NATO bereits eine Institution zur Förderung sicherheits- und verteidigungsrelevanter Innovationen geschaffen. DIANA verfügt zwar über ARPA-ähnliche Elemente, ist allerdings hinsichtlich der Mittelausstattung nicht mit den ARPA-Institutionen zu vergleichen.<sup>135</sup>

Um zügig mit der Förderung von Sprunginnovationen im Sicherheits- und Verteidigungsbereich beginnen zu können, empfiehlt die Expertenkommission den Aufbau ARPA-ähnlicher Strukturen auf nationaler Ebene. Die Bundesregierung könnte dazu die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) um einen militärischen Arm erweitern oder eine eigenständige militärisch ausgerichtete Innovationsagentur nach dem Vorbild der SPRIND – und mit ähnlichen Freiheiten – aufbauen.<sup>136</sup> Diese Agentur sollte von Beginn an Kooperationen mit vergleichbaren Institutionen in europäischen Partnerländern anstreben. Das Ende 2025 von der SPRIND in enger Zusammenarbeit mit der schwedischen Innovationsagentur Vinnova gestartete Projekt „Anti-Drone Response 2.0“ könnte hierfür ein Vorbild sein.<sup>137</sup>

### A 3-3 Erfolgsbedingungen für ERC sichern

#### ERC auf wissenschaftliche Exzellenz ausgerichtet

Der Europäische Forschungsrat (ERC) ist zentraler Bestandteil der „Säule I Wissenschaftsexzellenz“ des EU-Forschungsrahmenprogramms und gilt als Erfolgsgeschichte europäischer Forschungspolitik. Er fördert themenoffen exzellente Grundlagenforschung, für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Projekte zu Themen eigener Wahl einreichen. Die Vergabe der Fördermittel erfolgt ausschließlich nach wissenschaftlicher Exzellenz. Die Förderung durch den ERC steht auch den Forscherinnen und Forschern offen, die außerhalb Europas arbeiten, sofern sie für die Arbeit an dem geförderten Projekt nach Europa kommen. Damit trägt der ERC dazu bei, hervorragende Wissen-

schaftlerinnen und Wissenschaftler für eine Tätigkeit in Europa zu gewinnen.

Darüber hinaus nimmt der ERC eine komplettäre Rolle zum EIC ein, was in den Übergängen von ERC-geförderten Projekten in die EIC-Förderinstrumente sichtbar wird. Mittels sogenannter Proof of Concept Grants (PoC Grants) können ERC-geförderte Projekte Machbarkeit, Verwertung und Marktpotenzial ihrer Ergebnisse prüfen und sich u. a. für das Förderinstrument EIC Transition qualifizieren. Fast 50 Prozent der erfolgreichen EIC-Transition-Anträge gehen auf ERC PoC Grants zurück.<sup>138</sup> Auf diese Weise gelangen Ergebnisse aus der ERC-geförderten Grundlagenforschung systematisch in die Anwendung. Eine Öffnung dieser Verbindung für Forschungsprojekte aus den nationalen Fördersystemen besteht bislang nicht, wird jedoch vom EIC Board empfohlen, um vielversprechende Ideen ohne langwierige Prüfung in eine Förderung zu überführen.<sup>139</sup>

Der Erfolg des ERC beruht im Wesentlichen auf seiner Unabhängigkeit von politischen, regionalen oder thematischen Vorgaben sowie auf transparenten und qualitätsgesicherten Auswahlverfahren. Internationale Entwicklungen zeigen deutlich, wie fragil die Unabhängigkeit der Forschung und auch der Forschungsförderung ist. Potenzielle Einfallsstöße für eine politische Einflussnahme gibt es auch beim ERC. So ist der ERC keine eigenständige Einrichtung mit dauerhaftem Mandat, sondern Teil des EU-Forschungsrahmenprogramms. Bei der Umsetzung der Fördermaßnahmen ist der ERC ebenfalls nicht unabhängig; hierfür ist eine Exekutivagentur der EU-Kommission (ERCEA) zuständig.

Im aktuellen Kommissionsvorschlag für das FP10 ist zwar ein eindeutiges Mandat für den ERC vorgesehen, das auf die Förderung exzellenter Forschung ausgerichtet ist. Gleichwohl soll der ERC eng an den ECF angebunden werden, und für alle europäischen Fördereinrichtungen und -programme sollen einheitliche Verfahrensregeln gelten. Hieraus könnte zukünftig etwa abgeleitet werden, dass der ERC seine Gutachterinnen und Gutachter nicht mehr frei auswählen darf, sondern wie die anderen EU-Programme für die Begutachtung auf Personenpools zurückgreifen muss. In diesem Zusammenhang könnte der Vorschlag der EU-Kommission, die Amtszeit für die Präsidentin oder den Präsidenten des ERC von maximal vier plus vier Jahren auf maximal zwei plus zwei Jahre zu verkürzen, als Versuch

interpretiert werden, die Einflussmöglichkeiten der EU-Kommission auf den ERC auszuweiten.

#### Unabhängigkeit des ERC erhalten

Um die wissenschaftliche Exzellenz und Unabhängigkeit des ERC dauerhaft zu sichern, empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, sich bei der EU-Kommission dafür einzusetzen, dass dem ERC der Status einer unabhängigen Einrichtung verliehen wird – vergleichbar dem der Europäischen Investitionsbank – und er mit einem stabilen Langzeitbudget ausgestattet wird.<sup>140</sup> Ferner sollte die vierjährige Amtszeit der Präsidentin bzw. des Präsidenten unverändert beibehalten werden. Die Expertenkommission empfiehlt zudem, das Mandat des ERC weiterhin ausschließlich auf die themenoffene Förderung exzellenter Forschung auszurichten. Eine Ausrichtung der Förderung auf politische

Schwerpunktsetzungen oder eine Orientierung an regionalen Ausgleichszielen oder dem Proporz zwischen den Mitgliedstaaten sollte explizit ausgeschlossen werden.

Die Expertenkommission spricht sich ferner dafür aus, die Bewerbung auf PoC Grants des ERC für exzellente Forschungsprojekte aus den nationalen Fördersystemen, beispielsweise DFG-geförderte Projekte, zu öffnen. Zudem sollten für Vorhaben, die für die PoC Grants des ERC positiv begutachtet, aber nicht gefördert wurden, Wege in die nationale Förderung geschaffen werden (vgl. Kapitel B 2). Mit dem Seal of Excellence des EIC wurde bereits ein Instrument geschaffen, das für den Übergang von positiv evaluierten EIC-Transition- und -Accelerator-Projekten in nationale Fördersysteme genutzt werden kann.<sup>141</sup> Von dieser Option sollte künftig auch Deutschland Gebrauch machen.

# A4 Ein 28. Regime für den europäischen Binnenmarkt

## Europäische Start-ups gegenüber Start-ups aus den USA und China im Nachteil

Der nach wie vor stark fragmentierte europäische Binnenmarkt stellt wachstumsorientierte Unternehmen, die in andere EU-Länder expandieren wollen, vor Herausforderungen.<sup>142</sup> Unternehmen haben bei grenzüberschreitender Tätigkeit in der EU viele unterschiedliche nationale Regelwerke zu berücksichtigen, insbesondere im Gesellschafts-, Insolvenz-, Arbeits- und Steuerrecht.

Die Anpassung an diese vielfältigen Rechtsstandards führt zu erhöhten Kosten, Verzögerungen und Unsicherheiten.<sup>143</sup> Unternehmen müssen sich beispielsweise in jedem einzelnen europäischen Land, in dem sie dauerhaft tätig sind, gesondert registrieren und entweder nationale Rechtsformen wählen oder Zweigniederlassungen gründen. Dafür sind unterschiedliche administrative Prozesse mit abweichenden Beglaubigungs-, Übersetzungs- und Notariatsanforderungen zu durchlaufen. Eine Expansion in mehrere Mitgliedstaaten kommt somit hinsichtlich des Aufwands oftmals einer Mehrfachgründung gleich. Nach der Gründung müssen Unternehmen bei grenzüberschreitender Tätigkeit wiederholt nationale Register bedienen, etwa bei Änderungen der Geschäftsführung, der Satzung oder der Anteilseignerstruktur.<sup>144</sup>

Administrativ aufwendig sind auch Investitionen in Start-ups, da – anders als beispielsweise in den USA – keine EU-weit anerkannten Standard-Investitionsinstrumente existieren, die auf einer einheitlichen Rechtsform für Unternehmen aufbauen können. Die Konsequenzen sind ein höherer Verhandlungsaufwand, komplexere Sorgfaltspflichten (Due Diligence) und erschwerte Folgefinanzierungen.<sup>145</sup> Aktienoptionen als Anreizinstrument zur Gewinnung von Beschäftigten anzubieten ist ebenfalls sehr komplex, da diese Form der Unternehmensbeteiligung in jedem Land steuerlich anders behandelt wird. In der Folge fallen Aktienoptionen zur Gewinnung qualifizierten Personals weitgehend aus.<sup>146</sup>

Europäische Unternehmen befinden sich dadurch gegenüber Wettbewerbern aus den USA oder China im Nachteil, die ihre Geschäftsmodelle auf ihren deutlich größeren heimischen Märkten günstiger und schneller skalieren können. Die Fragmentierung des europäischen Marktes schmälert dadurch die Renditeerwartungen und damit die Attraktivität, in europäische Unternehmen zu investieren. Vor allem für Start-ups und Scale-ups ist dies problematisch. Die EU verwendet dabei den Begriff Scale-ups für Unternehmen, die über die Gründungsphase hinausgelangt sind und ihr Wachstum, z. B. Beschäftigtenzahl, Umsatz, Marktexpansion, deutlich steigern.<sup>147</sup>

## Fragmentierung des Binnenmarkts für Start-ups und Scale-ups überwinden

Die Größe des europäischen Binnenmarkts bietet Unternehmen erhebliche Wachstumschancen, die nach einer Überwindung der bestehenden Fragmentierung durch einheitliche Rahmenbedingungen und verbesserte Marktzugänge noch deutlich besser genutzt werden könnten.<sup>148</sup> Um für zukunfts- und technologieorientierte Wachstumsunternehmen attraktiv zu bleiben und deren Abwanderung zu verhindern, muss die EU das Problem der Fragmentierung dringend lösen. Der sogenannte Letta-Bericht für die Europäische Kommission fordert dazu ein 28. Regime für den Binnenmarkt, um den Flicken-teppich nationaler Vorschriften zu überwinden.<sup>149</sup> Der Begriff 28. Regime bezeichnet in diesem Kontext eine einheitliche Rechtsform für Unternehmen auf EU-Ebene, die zusätzlich zu den bestehenden gesellschaftsrechtlichen Regelungen der 27 Mitgliedstaaten geschaffen werden soll.<sup>150</sup> Der sogenannte Draghi-Bericht enthält einen ähnlichen Vorschlag für die Schaffung eines neuen EU-weiten Rechtsstatus für innovative europäische Unternehmen.<sup>151</sup>

Die EU-Kommission hat die Anregungen des Letta- und des Draghi-Berichts in ihrem Competitiveness Compass sowie ihrer Start-up- und Scale-up-Strategie aufgegriffen. Sie kündigt darin ein 28. Regime

an, das es innovativen Unternehmen ermöglichen soll, einen harmonisierten, EU-weit gültigen Satz an Vorschriften zu nutzen, der alle relevanten Aspekte des Gesellschafts-, Insolvenz-, Arbeits- und Steuerrechts umfasst.<sup>152</sup> Das 28. Regime steht damit im Zusammenhang mit dem European Innovation Act, den die EU-Kommission für dieses Jahr angekündigt hat.<sup>153</sup>

Vor diesem Hintergrund hat das EU-Parlament im Juni 2025 einen Berichtsentwurf mit Empfehlungen für ein 28. Regime vorgelegt, in dem die EU-Kommission aufgefordert wird, bis zum ersten Quartal 2026 eine entsprechende Richtlinie zu erarbeiten.<sup>154</sup> Um Stakeholder in diesen Prozess einzubinden und mögliche Konfliktlinien zu identifizieren, hat die EU-Kommission von Juli bis September 2025 ein Konsultationsverfahren durchgeführt.<sup>155</sup> Ein offizieller Ergebnisbericht liegt noch nicht vor.

### Konzepte zur Ausgestaltung eines 28. Regimes im Vergleich

Um die zentralen Diskussionspunkte zur Ausgestaltung eines 28. Regimes exemplarisch darzustellen, werden im Folgenden jeweils ein Konzept aus der Politik, aus der Wirtschaft und aus der Wissenschaft miteinander verglichen.

Das Konzept aus der Politik ist der Berichtsentwurf des Europäischen Parlaments mit Empfehlungen an die EU-Kommission zur Schaffung eines neuen Rechtsrahmens für innovative Unternehmen (Europäisches Start-up- und Scale-up-Unternehmen, ESSU)<sup>156</sup>; das Konzept aus der Wirtschaft ist das von mehreren europäischen Start-up-Verbänden, Investoren und Kanzleien erarbeitete Policy Proposal zur Einrichtung einer europaweiten Rechtsform für Unternehmen (EU-Inc)<sup>157</sup>; das Konzept der Wissenschaft ist der vom Think Tank BRUEGEL vorgelegte Policy Brief zur Schaffung einer europaweit gültigen Rechtsform für innovative Start-ups (Regime 0)<sup>158</sup>. Die Bezeichnung Regime 0 anstelle des gängigen Begriffs 28. Regime wurde gewählt, damit die Bezeichnung im Falle weiterer Beitritte zur EU erhalten werden kann.

Die drei Konzepte ESSU, EU-Inc und Regime 0 weisen inhaltliche Übereinstimmungen, aber auch klare Unterschiede auf. Sie enthalten nicht nur Vorschläge zur Ausgestaltung einer europäischen Rechtsform für Unternehmen, sondern auch umfangreiche Gestaltungsvorschläge u. a. zu Grün-

dungs- und Registrierungsverfahren, Mitarbeiterbeteiligung, Finanzierung sowie zu Akquisitionen und Streitbeilegungsmechanismen.

Zu den grundsätzlichen Übereinstimmungen zählen:

- Freiwilligkeit: Schaffung einer optionalen Rechtsform, für die sich Unternehmen freiwillig entscheiden können.
- Beschränkte Haftung: Einführung einer Unternehmensrechtsform mit beschränkter Haftung.
- Digitale Verwaltung: Gründung und Registrierung von Unternehmen sollen digital abgewickelt werden. Registrierung soll einmalig erfolgen.
- Standardisierung: Einführung von Standarddokumenten und Musterverträgen u. a. für Unternehmensregistrierung und Kapitalaufnahme.
- Streitbeilegung: Schaffung spezialisierter Rechtsprechungskapazitäten auf nationaler Ebene zur schnellen Beilegung von Rechtsstreitigkeiten im Zusammenhang mit dem 28. Regime.
- Beschränkung: Harmonisierung von nationalen Regelungen zum Steuer- und Arbeitsrecht ist nicht vorgesehen.

Das vom EU-Parlament vorgelegte Konzept (ESSU) ist am engsten gefasst.<sup>159</sup> Es beschränkt sich hinsichtlich der rechtlichen Harmonisierung auf standardisierte unternehmensrechtliche Vorschriften mit einzelnen flankierenden Regelungen.<sup>160</sup> Im Vergleich dazu ist das EU-Inc-Konzept deutlich umfassender und detaillierter ausgelegt.<sup>161</sup> Das Regime 0 stellt einen Mittelweg zwischen den beiden Konzepten dar. Um politische Unstimmigkeiten zu vermeiden, sieht es – anders als das ESSU und das EU-Inc – eine strikte Beschränkung der vorgeschlagenen Regelungen auf innovative und wachstumsorientierte Start-ups vor.<sup>162</sup>

Ein weiterer wichtiger Unterschied besteht in der geplanten Umsetzung der Konzepte. Während die Initiatoren des EU-Inc und des Regime 0 nachdrücklich eine Umsetzung mittels EU-Verordnung

fordern, sieht der Vorschlag des EU-Parlaments eine Umsetzung mittels EU-Richtlinie vor. Eine Verordnung ist ein EU-Gesetz mit allgemeiner Gültigkeit und unmittelbarer Wirksamkeit in den Mitgliedstaaten. Im Gegensatz zu einer Verordnung stellt eine Richtlinie lediglich einen gemeinsamen Mindeststandard dar, der von den Mitgliedstaaten erst in nationales Recht überführt werden muss. Es

bleibt den einzelnen Mitgliedstaaten dabei überlassen, wie sie die Richtlinie umsetzen, was in der Regel Zeit in Anspruch nimmt und zu unterschiedlichen Auslegungen führt.

Die zentralen Elemente der drei Konzepte ESSU, EU-Inc, Regime 0 für ein 28. Regime werden in der Tabelle A 4-1 systematisch dargestellt:

Tab. A 4-1 Zentrale Elemente der Konzepte für ein 28. Regime

 [Download der Abbildung](#)

	ESSU	EU-Inc	Regime 0
Zielgruppe	Start-ups, Scale-ups und KMU; Ausschluss börsennotierter Unternehmen	Start-ups und Scale-ups; keine formalen Ausschlusskriterien definiert	Neu gegründete, innovative und wachstumsorientierte Start-ups (Nachweis erforderlich)
Digitale Infrastruktur	Zentrales Online-Portal zur Gründung und Registrierung von Unternehmen sowie zur Bereitstellung von Informationen und Dokumenten	Zentrales Online-Portal zur Gründung und Registrierung von Unternehmen (EU-Registry). Aufbau einer Informations- und Service-Einheit (EU-Dashboard), die u.a. Standardverträge bereitstellt und über die der Kauf und Verkauf von Geschäftsanteilen abgewickelt werden kann	Zentrales Online-Portal zur Gründung und Registrierung von Unternehmen (Hub0). Hub0 ist zugleich Informations- und Service-Einheit, die u.a. Dokumente zur Verfügung stellt, als Mediator bei Rechtsstreitigkeiten fungiert sowie nationale Steuer- und Arbeitsregelungen transparent macht
Mitarbeiterbeteiligung am Unternehmen	Pläne für Mitarbeiterbeteiligung sollen erstellt werden. Mitarbeiterbeteiligung darf Grundvergütung oder Sozialversicherungsbeiträge nicht verringern oder ersetzen	Bereitstellung von und detaillierte Ausführungen zu standardisiertem Mitarbeiterbeteiligungsprogramm: EU Employee Share Option Pool (EU-ESOP) <sup>163</sup>	Mitarbeiterbeteiligung vorgesehen. Verweis auf EU Employee Share Option Pool (EU-ESOP)
Kapitalaufnahme	Bereitstellung von Musterverträgen für Gesellschaftervereinbarungen und Satzungen	Bereitstellung von und detaillierte Ausführungen zu standardisierten Vorlagen für Kapitalaufnahme: EU Fast Advanced Subscription Template (EU-FAST) <sup>164</sup>	Bereitstellung von standardisierten Vorlagen für Kapitalaufnahme. Eigentumsstrukturen sollen transparent dargestellt werden
Akquisitionen	Forderung nach neuen Instrumenten zur Verhinderung von sogenannten „Killerakquisitionen“, da bestehende Fusionskontrollverordnung unzureichend	Keine Forderung nach neuen Regelungen für Akquisitions-Kontrolle. Sogenannte „Killerakquisitionen“ werden nicht als Problem benannt	Sogenannte „Killerakquisitionen“ als Problem benannt. Forderung nach EU-weiter Fusionskontrolle durch Generaldirektion Wettbewerb der EU-Kommission
Insolvenzrecht	Keine Aussagen zum Insolvenzrecht	Konkrete, harmonisierte Regeln für Auflösung und Liquidation (beispielsweise Überprüfung der Zahlungsfähigkeit, Gläubigerreihenfolge, Zwangsliquidation mit gerichtlicher Aufsicht durch spezialisierte Business Courts)	Insolvenzrecht soll effizienten Ausstieg und Wiederaufnahme wirtschaftlicher Tätigkeit ermöglichen. Insolvenz soll über Hub0 abgewickelt werden können

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Repasi (2025), Bird & Bird et al. (2025), Scott Morton und Veugelers (2025).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

## 28. Regime mittels Verordnung umsetzen – notfalls innerhalb einer Koalition der Willigen

Die Expertenkommission sieht in allen drei Konzepten wichtige Ansätze, um die Fragmentierung des europäischen Binnenmarkts für Start-ups und Scale-ups zumindest in Teilen zu überwinden. Sie hält allerdings das EU-Inc und das Regime 0 im Vergleich zum ESSU für geeigneter, die beschriebenen Probleme für Start-ups und Scale-ups zu überwinden, da diese beiden Konzepte weiterreichende Harmonisierungsvorschläge enthalten.

Ein 28. Regime sollte sich an den Bedürfnissen von Start-ups und Scale-ups orientieren und ohne komplizierte Zugangskriterien auskommen. Eine Beschränkung auf bestimmte Unternehmen ist nach Ansicht der Expertenkommission unter inhaltlichen Gesichtspunkten nicht erforderlich. Sofern sie für die politische Durchsetzbarkeit notwendig ist, sollten die genutzten Kriterien möglichst wenig einschränkend und einfach zu überprüfen sein.

Die Expertenkommission empfiehlt dringend, eine neue Rechtsform für Unternehmen mittels Verordnung und nicht mittels Richtlinie umzusetzen. Aufgrund der zahlreichen Freiheitsgrade für die Mit-

gliedstaaten wird die Einführung des 28. Regimes mittels Richtlinie zwar als am ehesten politisch durchsetzbar gesehen.<sup>165</sup> Der entscheidende Nachteil ist jedoch, dass ihre länderspezifische Umsetzung höchstwahrscheinlich nicht zur Vereinheitlichung, sondern zu noch mehr Komplexität führen würde. Nur eine Umsetzung des 28. Regimes mittels Verordnung kann einen einheitlichen Rahmen für Start-ups und Scale-ups schaffen.<sup>166</sup>

Sollte sich für ein 28. Regime innerhalb der EU keine Mehrheit finden oder sich eine Umsetzung per Verordnung nicht durchsetzen lassen, empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, sich für ein 28. Regime innerhalb einer Koalition der Willigen, beispielsweise im Rahmen einer verstärkten Zusammenarbeit, einzusetzen.<sup>167</sup>

Kommt eine solche Koalition nicht zustande, sollte die Bundesregierung dem Franco-German Council of Economic Experts folgen, der eine gemeinsame deutsch-französische Harmonisierungsinitiative vorschlägt.<sup>168</sup> Durch diese Initiative würde zunächst ein einheitlicher Rechtsrahmen für französische und deutsche Start-ups und Scale-ups geschaffen, dem sich dann weitere EU-Staaten anschließen könnten.

B

# KERNTHEMEN 2026

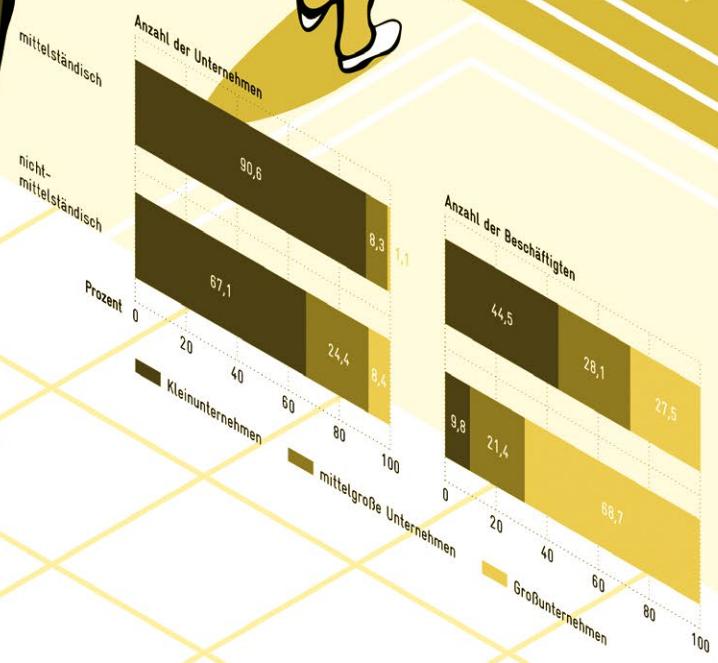


# B1 Innovationen im Mittelstand



[Download der Abbildung](#)





# B 1 Innovationen im Mittelstand

Rund 90 Prozent aller Unternehmen in Deutschland gehören dem Mittelstand an und über die Hälfte der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten arbeitet in mittelständischen Unternehmen.<sup>169</sup> Inwieweit die deutsche Wirtschaft in der Lage ist, mittels Innovationen ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und sich neue Wettbewerbsvorteile zu erarbeiten, hängt somit stark von den Innovationsaktivitäten des Mittelstands und seinen Innovationserfolgen ab.

Eine einheitliche Definition des Begriffs „Mittelstand“ existiert allerdings nicht. Während im allgemeinen Sprachgebrauch oft kleine und mittlere Unternehmen (KMU) damit gleichgesetzt werden, orientiert sich die wirtschaftswissenschaftliche Forschung stärker an den Eigentumsverhältnissen: Nach diesem Verständnis zählen all jene Unternehmen zum Mittelstand, bei denen Eigentum und Geschäftsführung zusammenfallen. Im Folgenden sind dies Unternehmen, die sich mehrheitlich im Eigentum von bis zu zwei natürlichen Personen befinden und in denen mindestens eine dieser Personen auch die Geschäftsführung des Unternehmens innehat.<sup>170</sup> Jedoch gelten die Empfehlungen grundsätzlich auch für KMU<sup>171</sup>, denn sie machen ca. 99 Prozent der mittelständischen Unternehmen aus.<sup>172</sup>

Den Mittelstand charakterisieren langfristige Orientierung, starke regionale Verwurzelung, flache Hierarchien und die hohe Bedeutung unternehmerischer Verantwortung.<sup>173</sup> Diese Eigenschaften können einen Einfluss auf die Bereitschaft zur Innovation sowie die Art zu innovieren haben. Immer wieder zeigen mittelständische Unternehmen, dass sie mit begrenzten Ressourcen erhebliche Innovationswirkungen erzielen, insbesondere durch inkre-

mentelle Verbesserungen, praxisorientierte Entwicklungen und kundenspezifische Lösungen von hoher Marktrelevanz. Diese sogenannten „Hidden Champions“ stehen exemplarisch für mittelständische Unternehmen, die sich durch Innovationsaktivität die Weltmarktführerschaft in einer Markt- nische erarbeitet haben. Dabei stellt sich die Frage, wie das Innovationsverhalten im deutschen Mittelstand allgemein ausgeprägt ist.

Die Analysen in einer von der Expertenkommission beauftragten Studie<sup>174</sup> zeigen ein differenziertes Bild. Mittelständische Unternehmen sind im Durchschnitt weniger innovationsaktiv<sup>175</sup> und geben weniger für Innovationen aus als nicht-mittelständische Unternehmen. Dies spiegelt jedoch zu einem großen Teil Strukturunterschiede wie Größe oder Branchenzugehörigkeit wider. Innovierende Unternehmen verfügen typischerweise über eine höhere Produktivität als nicht-innovierende Unternehmen. Dieser Produktivitätsunterschied ist im Mittelstand stärker ausgeprägt als bei vergleichbaren nicht-mittelständischen Unternehmen. Zu den zentralen Innovationshemmnissen im Mittelstand zählen der Fachkräftemangel, die mit Innovationen verbundenen Kosten und Risiken sowie bürokratische Belastungen.

Um die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit mittelständischer Unternehmen zu stärken, empfiehlt die Expertenkommission, den Abbau bürokratischer Hürden voranzutreiben. Die Reduktion von Berichts- und Dokumentationspflichten – etwa durch die konsequente Umsetzung des Once-Only-Prinzips – ist dabei von zentraler Bedeutung. Neue Regulierungen sollten regelmäßig einem Praxis- check unterzogen werden. Administrative Prozesse im Zusammenhang mit der Einwanderung

qualifizierter Fachkräfte sollten an einer zentralen Stelle gebündelt werden. Die im Koalitionsvertrag vorgesehene Einrichtung einer Work-and-Stay-Agentur ist hierfür ein richtiger Schritt. Die (steuerliche) Forschungsförderung kann ebenfalls die Innovationsaktivität anregen und so zu höherem Produktivitätswachstum beitragen. Dabei sollte insbesondere die Wirksamkeit der Forschungszulage als neues – und mittlerweile größtes – FuE-Förderangebot für Unternehmen in Deutschland durch erleichterte Antrags- und Bewilligungsprozesse erhöht werden.

### B 1-1 Eigenschaften und Strukturmerkmale mittelständischer Unternehmen

Als mittelständische Unternehmen werden im Folgenden Unternehmen bezeichnet, die sich mehrheitlich im Eigentum von bis zu zwei natürlichen Personen befinden und in denen mindestens eine dieser Personen auch die Geschäftsführung des Unternehmens innehat.<sup>176</sup> Mittelständische Unternehmen zeichnen sich durch eine Reihe von Eigenschaften aus, die für ihr Innovationsverhalten relevant sein können:

- Die Unternehmerinnen und Unternehmer haften erstens häufig mit ihrem persönlichen Vermögen, von dem meist ein großer Teil im Unternehmen gebunden ist. Dies könnte eine höhere Risikoaversion als bei nicht-mittelständischen Unternehmen begründen und zu einer größeren Zurückhaltung in Bezug auf Innovationen mit sehr unsicheren Erträgen führen. Mittelständische Unternehmen verfolgen zwar häufig generationenübergreifende Ziele und zeichnen sich daher tendenziell durch eine stärkere Langfristorientierung aus. In Unternehmen, bei denen jedoch ein Verkauf an Familienexterne bevorsteht, könnten die Investitions- und Innovationsaktivitäten sinken, denn die zu erzielenden Erträge daraus verbleiben nicht mehr innerhalb der Familie. Außerdem können heutige Investitionskosten bei unsicheren zukünftigen Erträgen die Unternehmensbewertung negativ beeinflussen.<sup>177</sup>
- Der Mittelstand ist zumeist durch eine starke regionale Verwurzelung und tiefe Einbettung in lokale Wertschöpfungsnetze geprägt.

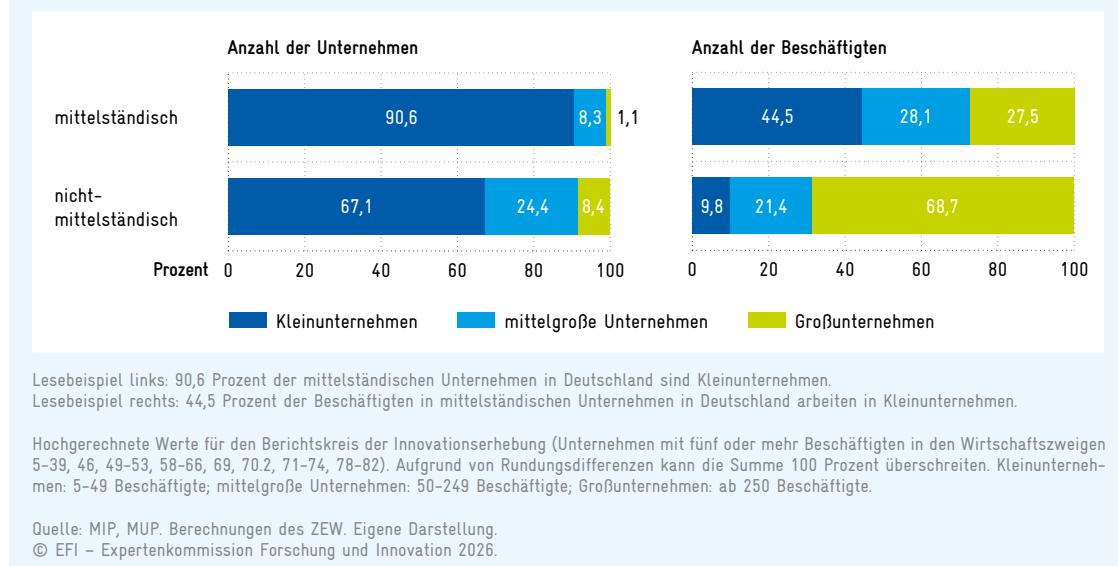
Daher kommen von seinen Innovationen ausgehende Spillover-Effekte eher lokalen Akteuren zugute. Allerdings kann die starke Bindung an bestehende Zulieferernetzwerke und Kunden mittelständische Unternehmen von radikalen Innovationen abhalten.<sup>178</sup>

- Im Mittelstand kommt den Inhaber-Geschäftsführerinnen und -Geschäftsführern eine besondere Bedeutung zu, denn viele Unternehmensentscheidungen, einschließlich der innovationsbezogenen, hängen stark von der jeweiligen Person, ihren Kenntnissen, Fähigkeiten und Überzeugungen ab. Ist diese Person von den Vorteilen kontinuierlicher Innovationsaktivität oder den Potenzialen einer Technologie überzeugt, wird der Umsetzung oder dem Einsatz im Unternehmen hohe Priorität eingeräumt. Ist sie hingegen skeptisch, kann sich der Einsatz innovativer Technologien deutlich verzögern oder sogar ausbleiben.<sup>179</sup>

### Mittelstand durch Kleinunternehmen dominiert

Neben den genannten mittelstandsspezifischen Eigenschaften tragen Strukturunterschiede, etwa in der Unternehmensgröße oder der Branchenzugehörigkeit, zu Unterschieden im Innovationsverhalten von mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen bei. Abbildung B 1-1 (links) zeigt die Verteilung der mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen nach Unternehmensgröße, wobei zwischen Kleinunternehmen (5–49 Beschäftigte), mittelgroßen Unternehmen (50–249 Beschäftigte) und Großunternehmen (250 oder mehr Beschäftigte) unterschieden wird.<sup>180</sup> Kleinunternehmen stellen in Deutschland die Mehrheit der Unternehmen. Ihr Anteil war im Durchschnitt der Jahre 2012 bis 2023 mit 90,6 Prozent bei mittelständischen Unternehmen jedoch deutlich höher als bei nicht-mittelständischen Unternehmen (67,1 Prozent). Großunternehmen machten nur 1,1 Prozent der mittelständischen Unternehmen und 8,4 Prozent der nicht-mittelständischen Unternehmen aus. Gleichwohl entfielen auf die Großunternehmen mehr als ein Viertel der Beschäftigten in mittelständischen Unternehmen und mehr als zwei Drittel der Beschäftigten in nicht-mittelständischen Unternehmen. Im Gegensatz dazu waren bei Kleinunternehmen im Mittelstand 44,5 Prozent der Beschäftigten tätig, während es im Nicht-Mittelstand nur 9,8 Prozent waren (vgl. Abbildung B 1-1, rechts).<sup>181</sup>

**Abb. B 1-1 Größenverteilung von mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen in Prozent (Mittelwert 2012–2023)**



### Mittelständische Unternehmen seltener in forschungsintensiver Industrie und wissensintensiven Dienstleistungen vertreten

Bei der Branchenverteilung ergeben sich zwischen mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen erhebliche Unterschiede (vgl. Abbildung B 1-2): In den Jahren 2012 bis 2023 waren durchschnittlich nur 6,2 Prozent der mittelständischen Unternehmen in der forschungsintensiven Industrie<sup>182</sup> tätig – gegenüber 11,3 Prozent der nicht-mittelständischen Unternehmen. Auch in den wissensintensiven Dienstleistungen waren die nicht-mittelständischen Unternehmen mit 32,2 Prozent stärker vertreten als die mittelständischen Unternehmen mit 26,4 Prozent. Am häufigsten waren mittelständische Unternehmen in den sonstigen Dienstleistungen aktiv. Hier befanden sich 40,4 Prozent der mittelständischen und 32,6 Prozent der nicht-mittelständischen Unternehmen. Die Größe von Unternehmen kann auch mit der Branchenzugehörigkeit im Zusammenhang stehen, da Kapitalintensität, Marktstrukturen und Skaleneffekte bestimmte Unternehmensgrößen begünstigen können.

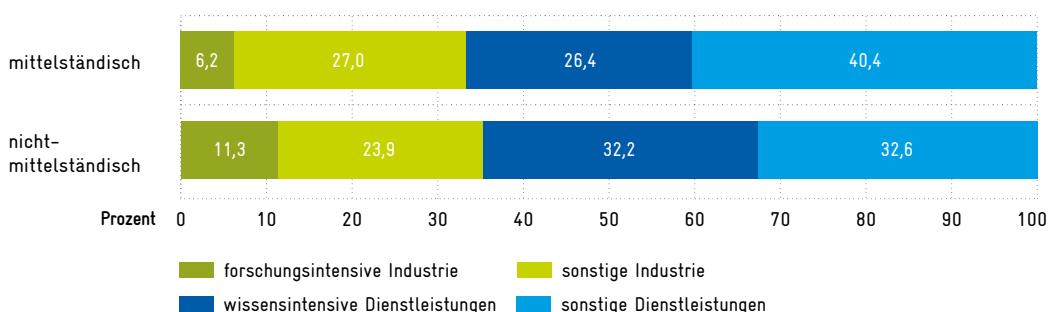
### B 1-2 Innovationen und Produktivität

#### Innovationsaktivitäten im Mittelstand meist ohne interne FuE

Innovationen helfen Unternehmen, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, indem der Ressourceneinsatz optimiert, neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt oder bestehende Angebote verbessert werden. Allerdings war der Anteil der Unternehmen in Deutschland, die Innovationsaktivitäten durchführen, in den vergangenen Jahren tendenziell rückläufig. Dieser Rückgang wurde lediglich im ersten Jahr der Corona-Pandemie unterbrochen, als viele Unternehmen ihre Geschäftspraktiken und internen Prozesse an die Pandemiesituation anpassen mussten.

Unternehmen können Innovationen hervorbringen, indem sie interne FuE betreiben, oder Innovationsaktivitäten durchführen, die keine interne FuE umfassen. FuE-Aktivitäten lassen sich hinsichtlich ihrer Dauer und Intensität grob in kontinuierliche und gelegentliche FuE-Aktivitäten unterteilen. Bei kontinuierlichen FuE-Aktivitäten suchen Unternehmen fortwährend und zum Teil routinemäßig nach Verbesserungen und neuen Lösungen. Gelegentliche FuE-Aktivitäten hingegen sind punktuell oder projektbezogen und ergeben sich meist als Reaktion auf konkrete Marktchancen, akute technologische Veränderungen oder besondere Problemlagen.<sup>183</sup>

**Abb. B 1-2 Branchenverteilung von mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen in Prozent (Mittelwert 2012–2023)**



Lesebeispiel: 6,2 Prozent der mittelständischen Unternehmen in Deutschland sind in der forschungsintensiven Industrie tätig.

Hochgerechnete Werte für den Berichtskreis der Innovationserhebung (Unternehmen mit fünf oder mehr Beschäftigten in den Wirtschaftszweigen 5-39, 46, 49-53, 58-66, 69, 70, 71-74, 78-82). Kleinunternehmen: 5-49 Beschäftigte; mittelgroße Unternehmen: 50-249 Beschäftigte; Großunternehmen: ab 250 Beschäftigte.

Quelle: MIP, MUP. Berechnungen des ZEW. Eigene Darstellung.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

Unter den mittelständischen Unternehmen betrieben im Mittel der Jahre 2020 bis 2023 etwa 9 Prozent kontinuierliche FuE-Aktivitäten und 8 Prozent gelegentliche FuE-Aktivitäten (vgl. Abbildung B 1-3). Insbesondere die Verbreitung kontinuierlicher FuE-Aktivitäten unterschied sich dabei deutlich zwischen den Größenklassen und reichte von 7,7 Prozent bei kleinen über 19,5 Prozent bei mittelgroßen bis zu 29,9 Prozent bei großen Unternehmen. Mit einem Anteil von 37,7 Prozent im Durchschnitt über alle Größenklassen sind Innovationsaktivitäten, die keine interne FuE umfassen, im Mittelstand allerdings am weitesten verbreitet.

Etwa jedes zweite mittelständische Unternehmen hat im Zeitraum 2020 bis 2023 mindestens eine Produkt- oder Prozessinnovation hervorgebracht, wobei Prozessinnovationen häufiger eingeführt wurden (44,4 Prozent) als Produktinnovationen (25,4 Prozent). Rund 5 Prozent der mittelständischen Unternehmen konnten im gleichen Zeitraum Innovationen in Form von Marktneuheiten einführen. Für jede der drei untersuchten Innovationsarten stieg der Anteil der Unternehmen, die eine entsprechende Neuerung einführen konnten, mit der Unternehmensgröße an.

Im Durchschnitt waren mittelständische Unternehmen seltener innovationsaktiv und brachten seltener Innovationen hervor als nicht-mittelständische Unternehmen. Ein Vergleich einfacher

Durchschnittswerte der beiden Gruppen lässt allerdings außer Acht, dass sich mittelständische und nicht-mittelständische Unternehmen häufig in Merkmalen unterscheiden, die auch ihre Innovationsaktivitäten und -erfolge beeinflussen können. Beispielsweise sind mittelständische Unternehmen im Durchschnitt kleiner und häufiger außerhalb der forschungs- und wissensintensiven Wirtschaftszweige aktiv. In multivariaten Analysen<sup>184</sup> wurde deshalb untersucht, inwieweit sich die Verbreitung der Innovationsaktivitäten unterscheidet, wenn Merkmalsunterschiede zwischen dem Mittelstand und dem Nicht-Mittelstand berücksichtigt werden.

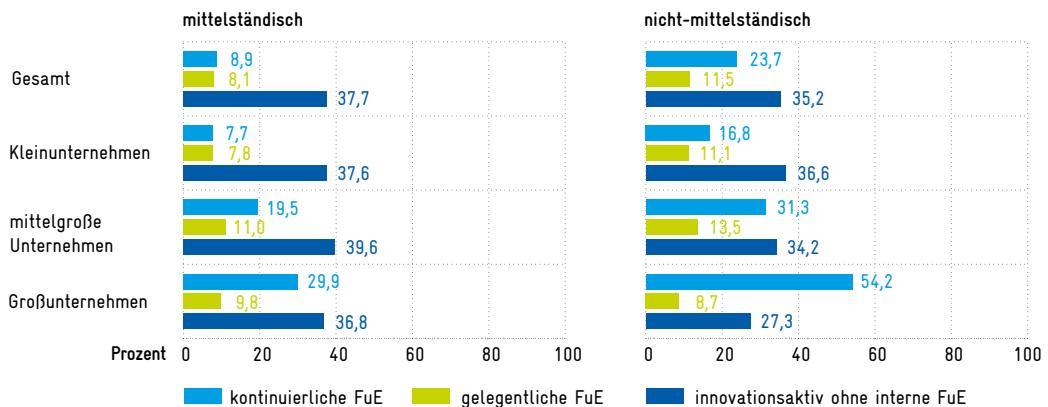
Die Analyse für den Zeitraum 2005 bis 2023 zeigt, dass mittelständische Unternehmen häufiger innovationsaktiv waren als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen. Im Detail haben mittelständische Unternehmen seltener kontinuierliche FuE, aber häufiger gelegentliche FuE oder Innovationsaktivitäten ohne interne FuE durchgeführt.<sup>185</sup> Darüber hinaus führten mittelständische Unternehmen häufiger Produkt- und Prozessinnovationen ein als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen.<sup>186</sup>

Auch Innovationen in Form von Marktneuheiten konnten mittelständische Unternehmen häufiger einführen,<sup>187</sup> was auf sogenannte „Hidden Champions“ hindeuten könnte. Der Begriff „Hidden Champions“ bezeichnet mittelständische Unternehmen,

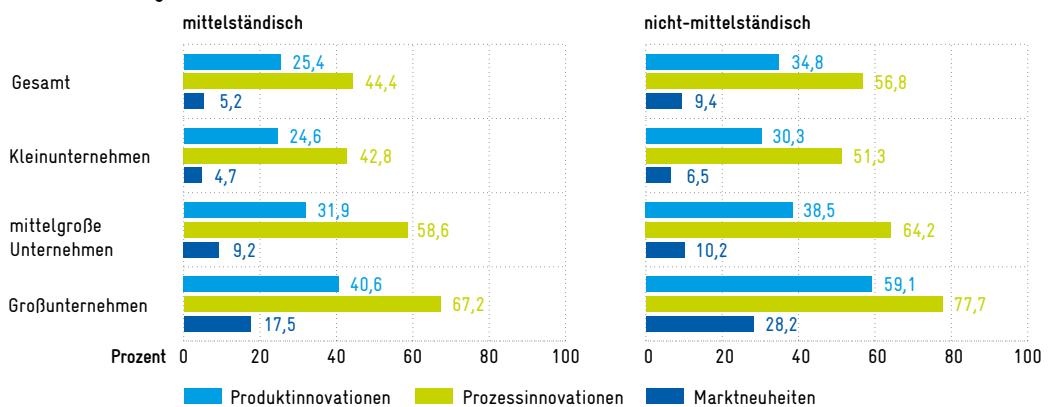
**Abb. B 1-3 Innovationsaktivitäten und Einführung von Innovationen mittelständischer und nicht-mittelständischer Unternehmen (Anteil der Unternehmen in Prozent; Mittelwert 2020–2023)**

 [Download der Abbildung und Daten](#)

**Nach Art der Innovationsaktivität**



**Nach Art der eingeführten Innovation**



Lesebeispiel: Insgesamt betreiben 8,9 Prozent der mittelständischen Unternehmen und 23,7 Prozent der nicht-mittelständischen Unternehmen kontinuierliche FuE.

Hochgerechnete Werte für den Berichtskreis der Innovationserhebung (Unternehmen mit fünf oder mehr Beschäftigten in den Wirtschaftszweigen 5–39, 46, 49–53, 58–66, 69, 70,2, 71–74, 78–82). Kleinunternehmen: 5–49 Beschäftigte; mittelgroße Unternehmen: 50–249 Beschäftigte; Großunternehmen: ab 250 Beschäftigte.

Quelle: MIP, MUP. Berechnungen des ZEW. Eigene Darstellung.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

die durch ihre Innovationsaktivität in einer klar abgegrenzten Marktnische Weltmarktführer geworden sind. Innovationen in Form von schrittweisen Verbesserungen, praxisnahen Entwicklungen und maßgeschneiderten Lösungen mit hoher Marktrelevanz gelangen mittelständischen Unternehmen häufig besonders gut.

Ein weiteres Ergebnis dieser Analyse zeigt, dass mittelständische Unternehmen gemessen am Umsatz zwar signifikant geringere Innovationsausgaben tätigten als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen,<sup>188</sup> aber dennoch einen

höheren Umsatzanteil durch die Einführung von Produktinnovationen erzielen konnten. Dieser höhere Anteil ist in erster Linie auf Umsätze durch Nachahmerinnovationen zurückzuführen, denn der Umsatzanteil durch Marktneuheiten fiel bei mittelständischen Unternehmen geringer aus als bei nicht-mittelständischen Unternehmen. Zudem erzielten mittelständische Unternehmen einen höheren Kostensenkungsanteil durch Prozessinnovationen als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen.<sup>189</sup>

## Produktivitätsvorteile mittelständischer Unternehmen durch Innovation und Digitalisierung

Forschung und Entwicklung (FuE) sowie Innovationen als ihr Ergebnis gelten als zentrale Antriebskräfte für die Steigerung der Produktivität.<sup>190</sup> Wie stark Investitionen in FuE und Innovationen die Produktivität steigern, ist allerdings unklar. Einerseits könnte es bei fortschreitender Ausschöpfung technologischer Potenziale immer schwerer werden, ein hohes Produktivitätswachstum zu erzielen, denn einfach zu realisierende Innovationsmöglichkeiten (sogenannte „low-hanging fruits“) werden tendenziell zuerst genutzt. Der für die Umsetzung und Generierung neuer Ideen und Erfindungen benötigte Ressourcenaufwand nimmt daher zu.<sup>191</sup> Andererseits verspricht gerade die fortschreitende Digitalisierung hohe Produktivitätszuwächse.<sup>192</sup>

Mittelständische Unternehmen wiesen im Durchschnitt ein geringeres Produktivitätsniveau auf als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen. Die empirischen multivariaten Analysen<sup>193</sup> in einer von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studie zeigen einen positiven und signifikanten Zusammenhang zwischen FuE- und Innovationsausgaben auf der einen und der Produktivität von Unternehmen auf der anderen Seite. Dieser Zusammenhang hat sich sowohl bei mittelständischen als auch bei nicht-mittelständischen Unternehmen seit der Jahrtausendwende tendenziell abgeschwächt. Dabei fiel der Zusammenhang bei mittelständischen Unternehmen deutlich stärker aus als bei nicht-mittelständischen Unternehmen. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch für Produkt- und Prozessinnovationen. Bei Marktneuheiten fiel der Unterschied zwischen mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen etwas geringer, bei kostenreduzierenden Prozessinnovationen hingegen höher aus.<sup>194</sup>

Hohe Produktivitätsunterschiede bestanden ebenfalls zwischen denjenigen Unternehmen, die in Digitalisierung investierten (Ausgaben für Software und Datenbanken), und denjenigen, die dies nicht taten. Der Produktivitätsunterschied fiel bei mittelständischen Unternehmen höher aus als bei nicht-mittelständischen Unternehmen.<sup>195</sup>

Im Zeitraum 2020 bis 2024 zeigten sich bei mittelständischen im Vergleich zu nicht-mittelständischen Unternehmen besonders hohe Produktivitätsvorteile, wenn diese sowohl in Innovation als

auch in Digitalisierung investierten. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass es mittelständischen Unternehmen zunehmend besser gelingt, Investitionen in Digitalisierung und Innovation aufeinander abzustimmen und dadurch entstehende Komplementaritäten zu nutzen.

## B1-3 Forschungs- und Innovationsförderung

Der Staat setzt verschiedene Förderinstrumente ein, um die Zahl innovationsaktiver Unternehmen sowie den Umfang von Innovationsvorhaben zu erhöhen. Denn Unternehmen investieren weniger als aus gesamtwirtschaftlicher Sicht wünschenswert wäre, wenn sie aufgrund positiver Externalitäten – insbesondere durch Wissensabflüsse an Dritte – nicht den vollen Ertrag aus ihren Investitionen erzielen können. Zugleich ermöglicht staatliche Förderung eine strategische Ausrichtung von Innovationsaktivitäten, etwa orientiert an wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Zielen durch die Unterstützung von Forschung im Bereich von Schlüsseltechnologien oder im Rahmen der Förderung von kooperativen Forschungsprojekten mit Wissenschaftseinrichtungen.

Die staatliche Förderung kann dabei entweder über eine direkte finanzielle FuE- bzw. Innovationsförderung (Zuschussförderung) erfolgen oder über die steuerliche Absetzbarkeit von FuE-Ausgaben (Forschungszulage). Zudem lassen sich Förderangebote in themenoffene und themenspezifische Angebote unterteilen. Themenoffene Förderangebote machen keine inhaltlichen Vorgaben und lassen Projekte aus allen Technologiefeldern, Themen und Branchen zu, solange sie allgemeine FuE-Kriterien erfüllen. Themenspezifische Angebote zielen hingegen auf bestimmte Themenfelder, Technologien oder gesellschaftliche Herausforderungen ab.

### Anteil der innovationsaktiven Unternehmen mit Zuschussförderung gesunken

Die von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Studie zeigt, dass der Anteil der innovationsaktiven Unternehmen, die eine direkte finanzielle FuE- oder Innovationsförderung (Zuschussförderung) erhalten haben, im Zeitraum 2020 bis 2022 gegenüber 2010 bis 2012 gesunken ist. So nutzten im Zeitraum 2010 bis 2012 14,4 Prozent aller innovationsaktiven Unternehmen finanzielle öffentliche

FuE- oder Innovationsförderungen (Zuschussförderung)<sup>196</sup>, während das im Zeitraum 2020 bis 2022 nur 10,6 Prozent taten. Bei den mittelständischen innovationsaktiven Unternehmen lagen diese Anteile bei 13,4 bzw. 9,9 Prozent.<sup>197</sup>

Allgemein war der von den innovationsaktiven Unternehmen im Zeitraum 2016 bis 2022 am häufigsten genutzte Fördermittelgeber der Bund (8,7 Prozent), wobei hier die Förderung aus dem Bundeswirtschaftsministerium etwas stärker verbreitet war (5,7 Prozent) als aus dem Bundesforschungsministerium (4,2 Prozent). Dahinter folgten Fördermittel der Länder (4,4 Prozent) und der EU-Kommission<sup>198</sup> (2,8 Prozent).<sup>199</sup>

### Inanspruchnahme der Forschungszulage in den vergangenen Jahren gestiegen

Auch steuerliche Anreize können sich positiv auf die FuE-Ausgaben und Innovationserträge auswirken.<sup>200</sup> Seit 2020 steht den Unternehmen in Deutschland neben der FuE-Zuschussförderung mit der Forschungszulage auch eine steuerliche FuE-Förderung zur Verfügung, die eine Reduzierung der Einkommensteuer- oder Körperschaftsteuerlast um die förderfähigen Aufwendungen für FuE-Vorhaben ermöglicht. Die Forschungszulage ist themenoffen und soll insbesondere die Forschungsaktivitäten von KMU anregen.<sup>201</sup> Damit ist sie für den Mittelstand besonders relevant.

Die Inanspruchnahme der Forschungszulage ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen: Während 2020 ein Anteil von 2,7 Prozent der FuE-aktiven Unternehmen Anträge eingereicht hat, waren es 2023 bereits 17,9 Prozent. Bei mittelständischen FuE-aktiven Unternehmen stieg der Anteil von 2,7 auf 14,7 Prozent. FuE-aktive Unternehmen werden bei der Analyse der Inanspruchnahme als Bezugsgröße verwendet, da nur sie das Angebot überhaupt nutzen können. Im Jahr 2023 nutzten knapp 7,6 Prozent der mittelständischen FuE-aktiven Unternehmen sowohl eine Zuschuss- als auch eine steuerliche Förderung. Der Anteil jener mit ausschließlicher Nutzung der Zuschussförderung lag bei 19,9 Prozent, während 7,1 Prozent ausschließlich die Forschungszulage in Anspruch nahmen.<sup>202</sup>

Seit Einführung der Forschungszulage im Jahr 2020 ist der Anteil der KMU mit FuE-Zuschussförderung rückläufig, was auf eine gewisse Substitution zwischen den Förderangeboten hinweist.<sup>203</sup> Insgesamt

ist der Anteil der FuE-aktiven Unternehmen mit Zuschuss oder steuerlicher FuE-Förderung im Zeitraum 2020 bis 2023 von 30,0 Prozent auf 35,1 Prozent gestiegen. Bei mittelständischen Unternehmen stieg mit Einführung der Forschungszulage der Anteil der FuE-aktiven Unternehmen mit FuE-Förderung von 31,7 auf 34,7 Prozent im Zeitraum 2020 bis 2023 etwas weniger stark an.<sup>204</sup>

### Hohe Vorhabenanzahl der Forschungszulage im Vergleich zu den übrigen Programmen

Die von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Studie zeigt die Nutzung zentraler, sowohl themenoffener als auch themenspezifischer, Fördermaßnahmen im Detail. Die Untersuchung fokussiert sich auf die fünf gemessen am bereitgestellten Mittelvolumen wichtigsten Fördermaßnahmen in Deutschland: das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM), Fachprogramme des Bundes (inkl. KMU-innovativ und Eurostars), EU-Forschungsrahmenprogramme, FuE- und Innovationsförderung der Länder, die über den EU-Strukturfonds EFRE ko-finanziert sind (Programmplanungszeitraum 2014 bis 2020), und die Forschungszulage (vgl. Box B1-4). Ein Unternehmen kann für verschiedene Vorhaben unterschiedliche Fördermaßnahmen in Anspruch nehmen.

Nach einem langsamem Anstieg der jährlichen Fördersumme von 1,65 Milliarden Euro (2014) auf 2,01 Milliarden Euro (2019) wuchs die Summe der Fördermittel der fünf betrachteten Förderangebote ab dem Jahr 2020 stark an. Im Jahr 2020 lag sie bei 3,32 und 2023 bei 4,57 Milliarden Euro. Diese Zunahme ist neben der neuen Forschungszulage auch auf einzelne große Vorhaben im Rahmen von Fachprogrammen und anderen themenspezifischen Förderungen des Bundes zurückzuführen.<sup>205</sup>

Während sich die Anzahl der durch die Fachprogramme des Bundes geförderten Vorhaben von 2014 bis 2023 nahezu verdoppelt hat, ist die Anzahl der geförderten Vorhaben im ZIM von rund 2.900 im Jahr 2014 auf etwa 850 im Jahr 2023 zurückgegangen. Im EU-Rahmenprogramm hat sich die Zahl der Vorhaben seit 2015 etwa halbiert. Die Forschungszulage wird für sehr viele Vorhaben beantragt; für das Jahr 2020 wurden rund 17.000 Vorhaben eingereicht und von der Bescheinigungsstelle (teil-)positiv beschieden.<sup>206</sup> In den vier anderen Förderprogrammen wurden für 2020 etwa 9.000 Vorhaben gefördert (vgl. Abbildung B1-5). In den

## Box B 1-4 Untersuchte Förderangebote

### Themenoffene Förderangebote:

- Das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) bietet eine Zuschussförderung für FuE-Einzelprojekte von Unternehmen und für FuE-Kooperationsprojekte von mindestens zwei Unternehmen oder von mindestens einem Unternehmen und einer Forschungseinrichtung an. Darüber hinaus können Unternehmen Zuschüsse für Durchführbarkeitsstudien und für Leistungen zur Vermarktung von FuE-Projektergebnissen beantragen. Fördermittelgeber ist das BMWi. Im Jahr 2021 betrug das an Unternehmen gehende ZIM-Fördervolumen etwa 350 Millionen Euro.<sup>207</sup> Seitdem ging es jedoch zurück, auch aufgrund eines Antragstopps im Jahr 2022. Nahezu alle genehmigten Fördermittel entfielen auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU).
- Mit der Forschungszulage wurde im Jahr 2020 eine steuerliche FuE-Förderung eingeführt, die eine Reduzierung der Einkommensteuer- oder Körperschaftsteuerlast (mit Auszahlung im Verlustfall) der förderfähigen FuE-Aufwendungen ermöglicht. Der Fördersatz für KMU wurde im Jahr 2024 von 25 auf 35 Prozent erhöht. Seit ihrer Einführung wurde die Forschungszulage insgesamt dreimal angepasst, zuletzt im Rahmen des Innovationssofortprogramms. Mit Beginn dieses Jahres wurde die Bemessungsgrundlage durch die Einführung eines Pauschalbetrags um 20 Prozent sowie die Deckelung der jährlich förderfähigen FuE-Aufwendungen auf zwölf Millionen Euro erhöht.<sup>208</sup> Die förderfähigen FuE-Aufwendungen umfassen Personalkosten, einen Anteil von 70 Prozent der Kosten für externe FuE-Aufträge sowie Abschreibungen auf FuE-Sachinvestitionen. Laut Schätzungen umfasst das Fördervolumen seit diesem Jahr damit jährlich bis zu

vier Milliarden Euro, von denen etwa die Hälfte auf KMU entfällt.<sup>209</sup>

### Themenspezifische Förderangebote:

- Fachprogramme des Bundes bieten Zuschüsse zu FuE- und Innovationsvorhaben in vorab festgelegten Themengebieten auf Basis von Bekanntmachungen und einem wettbewerblichen Vergabeverfahren an.<sup>210</sup> Gefördert werden häufig Verbundprojekte zwischen Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Die Förderung konzentriert sich auf Themengebiete, die zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen beitragen. Die Fachprogramme des Bundes umfassten im Jahr 2023 ein Fördervolumen von etwa 2,95 Milliarden Euro, von denen schätzungsweise 45 Prozent auf KMU entfielen.
- Das Forschungsrahmenprogramm der EU-Kommission (aktueller Name: Horizon Europe) fördert im Bereich der Unternehmen FuE- und Innovationsvorhaben in Form von Verbundprojekten in vorab festgelegten Themengebieten auf Basis von Bekanntmachungen und einem wettbewerblichen Vergabeverfahren. Unternehmen aus Deutschland erhielten im Jahr 2021 (laut FuE-Erhebung) FuE-Zuschüsse aus EU-Förderprogrammen in Höhe von 337 Millionen Euro, von denen etwa 30 Prozent auf KMU entfielen.<sup>211</sup>
- Die Regierungen der Bundesländer bieten FuE- und Innovationsförderungen für Unternehmen u.a. über Programme an, die gemeinsam aus den Länderhaushalten und aus EU-Strukturfondsmitteln (EFRE) finanziert werden. Innerhalb dieser Programme werden u.a. FuE-, Innovations- und Technologietransferprojekte finanziell unterstützt, die Förderungen entfallen meist auf KMU. Die an Unternehmen gehenden Fördermittel betragen im Jahr 2021 etwa 200 Millionen Euro.

Folgejahren fiel die Anzahl der Anträge auf Gewährung der Forschungszulage zwar deutlich geringer als im Jahr 2020 aus; sie wird für diese Jahre jedoch weiter steigen, da Unternehmen bis zu vier Jahre rückwirkend förderfähige Aufwendungen geltend

machen können – etwa im Jahr 2025 für Vorhaben ab 2021.

Die Anzahl der Unternehmen in Deutschland, die für laufende Vorhaben eine FuE-Förderung aus

einem der fünf dargestellten Förderangebote erhalten haben, erreichte im Jahr 2021 mit etwa 21.300 ihren Höchststand. Die für das Jahr 2023 ausgewiesene Anzahl liegt bislang bei ca. 17.100, wobei rückwirkende Forderungen für die Forschungszulage noch nicht berücksichtigt sind.<sup>212</sup> Von den im Zeitraum 2014 bis 2023 geförderten Unternehmen stammten 45,6 Prozent aus dem Mittelstand. Mit Anteilen von 58,6 Prozent bzw. 55,3 Prozent waren mittelständische Unternehmen unter den Nutzern der ZIM-Förderung und der EFRE-Länderprogramme allerdings häufiger vertreten als nicht-mittelständische Unternehmen. Unter den Nutzern der Forschungszulage und der Fachprogramme des Bundes stammten 36,7 bzw. 38,1 Prozent aus dem Mittelstand.<sup>213</sup>

#### Forschungszulage attraktiv für Förderneulinge

Die Analyse der Nutzung von Förderangeboten im Zeitverlauf zeigt, dass drei Viertel der Unternehmen mit einer Förderung durch die Forschungszulage „Förderneulinge“ sind; sie haben im vorherigen Zeitraum 2014 bis 2019 keine anderen Förderangebote in Anspruch genommen.<sup>214</sup>

Durch die Entlastungseffekte der Forschungszulage können Unternehmen die in Jahren verringelter Steuerlast frei werdenden Mittel gezielt zur Finanzierung neuer FuE-Vorhaben einsetzen. So können nur gelegentlich betriebene FuE-Aktivitäten in kontinuierliche FuE-Aktivitäten überführt werden. Ein Indiz hierfür könnte sein, dass seit Einführung der Forschungszulage der Anteil der Unternehmen mit kontinuierlichen FuE-Aktivitäten stärker gestiegen ist als in den zehn Jahren zuvor.<sup>215</sup>

#### B 1-4 Innovationshemmnisse im Mittelstand

##### Fachkräftemangel primäres Innovationshemmnis für mittelständische Unternehmen

Der Fachkräftemangel wird von Unternehmen als zentrales Hemmnis für Innovationen wahrgenommen.<sup>216</sup> Besonders der Mittelstand ist hiervon stark betroffen.<sup>217</sup> Im Zuge der demografischen Alterung können sich diese negativen Auswirkungen weiter verschärfen, da mit dem Eintritt älterer Beschäftigter in den Ruhestand zusätzliche Fachkräfteengpässe entstehen. Hiervon sind KMU besonders betroffen, da der Verlust einer einzelnen Fach-

kraft und ihres Erfahrungswissens dort stärker ins Gewicht fällt als in großen Unternehmen, die durch ihre Strukturen und Ressourcen Abgänge meist besser kompensieren können.<sup>218</sup>

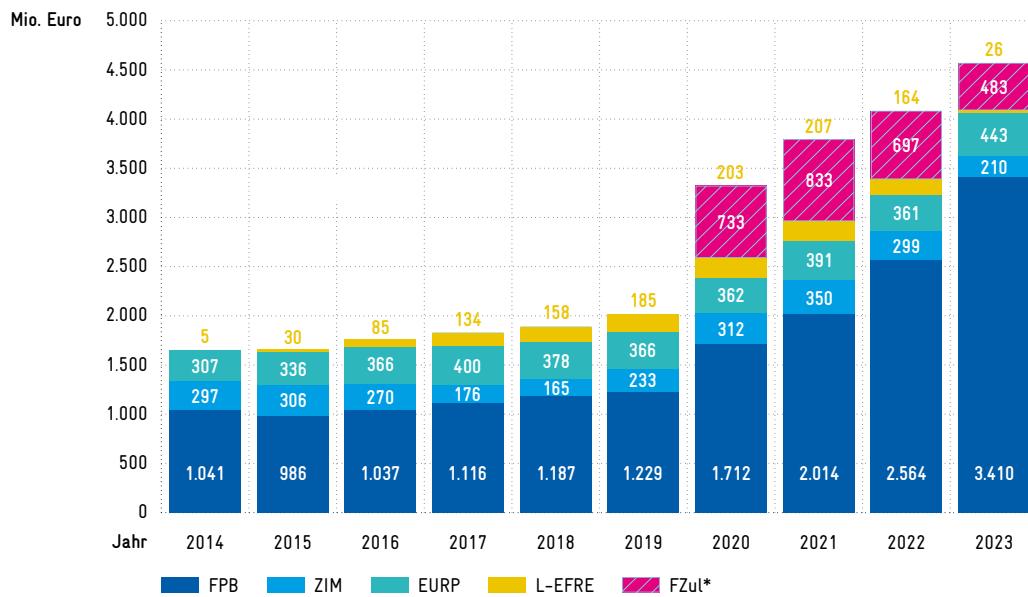
Die Weiterbeschäftigung Älterer über die Regelaltersgrenze hinaus<sup>219</sup> – gegebenenfalls mit reduzierter Arbeitszeit – kann einen wichtigen Beitrag zur Linderung des Fachkräfteengpasses leisten.<sup>220</sup> Diese Möglichkeit wird zunehmend genutzt.<sup>221</sup> Auch die Erwerbstätigenquote der 55- bis 64-Jährigen ist in den vergangenen zehn Jahren von 65,6 auf 75,2 Prozent gestiegen.<sup>222</sup> Neben der Weiterbeschäftigung Älterer bieten auch die Ausweitung der Erwerbsbeteiligung von Teilzeitbeschäftigten<sup>223</sup> sowie die Weiterqualifizierung von Geringqualifizierten Möglichkeiten<sup>224</sup>, den Fachkräfteengpass abzumildern.<sup>225</sup>

Neben der Sicherung des inländischen Fachkräftepotenzials kann die Einwanderung qualifizierter Fachkräfte dem Fachkräftemangel wirksam begegnen und langfristig zur Innovationsfähigkeit der deutschen Wirtschaft beitragen. Ein Schlüssel hierfür sind Erleichterungen bei der Vergabe von Visa und Aufenthaltstiteln für Fachkräfte und internationale Studierende. Die im Koalitionsvertrag angekündigte Work-and-Stay-Agentur hat das Ziel, eine optimierte, durchgehend digitalisierte Prozesskette für die Erwerbs- und Bildungsmigration zu schaffen, die dem One-Stop-Government und dem Once-Only-Prinzip folgt.<sup>226</sup> Die Identifikation und Ansprache geeigneter Fachkräfte im Ausland sowie das Matching mit offenen Stellen verbleiben dabei in der Verantwortung der Unternehmen sowie ihrer Wirtschafts- und Branchenverbände (z. B. DIHK, BDA, ZDH). Die erfolgreiche Integration der zugewanderten Fachkräfte und Studierenden ist von zentraler Bedeutung, insbesondere der frühzeitige und systematische Erwerb deutscher Sprachkenntnisse sowie flankierende Unterstützungsangebote.<sup>227</sup>

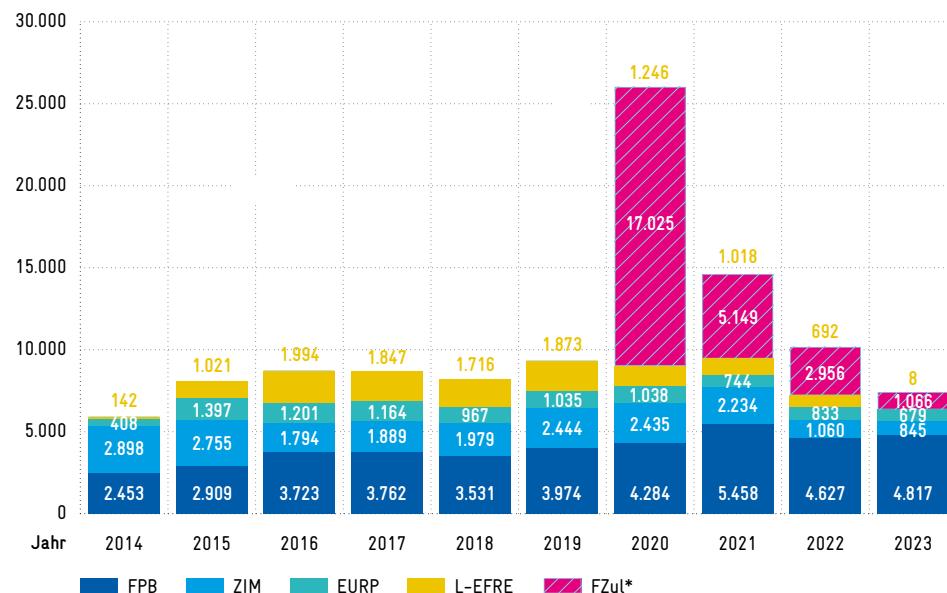
Digitale Technologien eröffnen die Möglichkeit, Fachkräfteengpässe entgegenzuwirken, indem Routineaufgaben und – z. B. durch den Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) – komplexe Aufgaben zunehmend automatisiert werden.<sup>228</sup> Inwieweit und in welcher Form der Fachkräftebedarf durch Digitalisierung oder Automatisierung reduziert werden kann, hängt davon ab, ob die Automatisierungspotenziale auch in den Bereichen mit besonders hohem Fachkräftebedarf bestehen.<sup>229</sup> Relevant für den KI-Einsatz sind ebenso persönliche Einstellungen, finanzielle Möglichkeiten und technische

**Abb. B 1-5 FuE-Förderung an Unternehmen in Deutschland 2014–2023 in den fünf großen Förderangeboten von Bund, Ländern und der EU**

Fördermittel pro Jahr über die fünf großen Förderangebote



Anzahl Vorhaben (Jahr des Vorhabenbeginns)



Lesebeispiel oben: Die Summe der Fördermittel, die im Jahr 2023 im Rahmen der fünf betrachteten Förderangebote ausgezahlt wurde, betrug 4,57 Mrd. Euro.  
Lesebeispiel unten: 2020 wurden 17.025 Vorhaben über die Forschungszulage gefördert.

\*Für die Jahre 2021 bis 2023 ist von einer Untererfassung der Angaben zur Forschungszulage auszugehen, da Unternehmen bis zu vier Jahre Zeit haben, förderfähige FuE-Aufwendungen für die Forschungszulage geltend zu machen.

FPB: Fachprogramme des Bundes (inkl. anderer thematischer Förderungen), ZIM: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand, EURP: Forschungsrahmenprogramme der EU-Kommission, L-EFRE: EFRE ko-finanzierte Förderprogramme der Länder, FZul: Forschungszulage. Nur gewerblich tätige Unternehmen. Die Angaben zur Anzahl der Unternehmen mit FuE-Förderungen können aus methodischen Gründen von den entsprechenden Angaben in der Förderstatistik der untersuchten Programme abweichen. Für Details zum methodischen Vorgehen vgl. Peters et al. (2026).

Quelle: Förderdaten, MUP. Berechnungen des ZEW. Eigene Darstellung.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

Kenntnisse in den Unternehmen sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen.

Der technologische Wandel kann dort gelingen, wo Beschäftigte und Führungskräfte bereit sind, sich auf neue Prozesse und Technologien einzulassen. Während Großunternehmen in Deutschland oftmals bereits über umfangreiche Digitalisierungs- und Automatisierungsstrukturen verfügen, stehen KMU noch am Anfang entsprechender Entwicklungen, denn ihnen fehlen häufig eigene IT-Fachkräfte. Ein Umstieg auf digitale Systeme erfordert hohe Investitionen, die angesichts begrenzter Personal- und Finanzressourcen schwer zu realisieren sind.<sup>230</sup>

Mit einem Fokus auf KMU unterstützen verschiedene staatliche Angebote die Planung und Durchführung von Digitalisierungsmaßnahmen. Beispielsweise steht KMU im Rahmen des ERP-Förderkredits Digitalisierung der KfW ein Instrument zur Verfügung, das Digitalisierungsmaßnahmen durch zinsgünstige Kredite und – je nach Komplexität des Vorhabens – Zuschüsse fördert. Informations- und Beratungsangebote werden darüber hinaus durch ein branchenoffenes und bundesweites Netzwerk von Mittelstand-Digital Zentren im Rahmen der Förderinitiative Mittelstand-Digital des BMWE bereitgestellt. Sowohl der ERP-Förderkredit Digitalisierung als auch die Angebote der Initiative Mittelstand-Digital wurden bereits positiv evaluiert und umfassen explizit auch Unterstützung für Maßnahmen im Bereich KI.<sup>231</sup> In Deutschland gibt es darüber hinaus zahlreiche Unterstützungsprogramme, die gezielt den Einsatz von KI und die Entwicklung KI-basierter Lösungen in KMU fördern.<sup>232</sup>

### Hohe FuE-Kosten als häufigstes Innovationshemmnis nach Fachkräftemangel genannt

Als häufigste Innovationshemmnisse nach dem Fachkräftemangel werden in der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studie die mit Innovationen verbundenen wirtschaftlichen Risiken und Kosten genannt. FuE ist durch hohe Kosten für die technische, räumliche und personelle Ausstattung gekennzeichnet. Unternehmen müssen eine kritische Mindestgröße erreichen, damit sich FuE betriebswirtschaftlich lohnt. Die Kosten für FuE fallen unabhängig vom Innovationserfolg an, der – wenn überhaupt – erst zeitlich versetzt erzielt wird. Mittelständischen Unternehmen kann es aufgrund ihrer oftmals geringen Größe schwerer fallen,

diese Kosten zu tragen und einen möglichen Ausfall zu kompensieren. Scheitert ein Innovationsprojekt, kann das die Existenz des Unternehmens gefährden. Entsprechend dürften Inhaber-Geschäftsführerinnen und -Geschäftsführer zurückhaltender sein, insbesondere die mit radikalen Innovationen verbundenen wirtschaftlichen Risiken einzugehen. Daher versucht die Politik, die Kostenhürde für Unternehmen mit Fördermaßnahmen zu verringern, und sie hat sich mit der Ausweitung der Fördermöglichkeiten für KMU und der Erhöhung der Förderbudgets dieses Innovationshemmnisses der mittelständischen Unternehmen angenommen.

### Regulierung, Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren als Innovationsbremsen

Regulierung sowie Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren können die Innovationsaktivitäten von Unternehmen bremsen. Zum einen reduzieren sie die Anreize für Innovationen, indem sie die Umsetzung von Projekten sowie die Markteinführung neuer Produkte und Dienstleistungen verzögern. Zum anderen schmälern hohe Zulassungskosten und administrativer Aufwand – beispielsweise bei der Markteinführung neuer Produkte – die erwarteten Erträge. Allerdings kann Regulierung auch Anreize für Innovationen setzen, z. B. durch Mindestanforderungen an die Produktqualität.<sup>233</sup>

Bürokratische Hürden können die Wirkung staatlicher Förderangebote reduzieren und damit die Versuche, andere Innovationshemmnisse abzubauen, behindern. Die Nutzung bestehender Förderangebote ist häufig mit einer Reihe an bürokratischen Erfordernissen verbunden, die gerade für kleinere Unternehmen eine höhere Hürde darstellen.<sup>234</sup> Erstantragstellende ohne Erfahrung mit Dokumentations- und Informationspflichten sowie mit den Erfolgsaussichten konkreter Anträge könnten vor einer Antragstellung zurückgeschrecken. Gleichzeitig könnte der Antragsaufwand für Wiederholungsanträge als unnötig hoch empfunden werden, wenn in früheren Anträgen bereits eingereichte Informationen und Nachweise erneut vorgelegt werden müssen.

Aufgrund des hohen Aufwands bei der Antragstellung hat sich eine Vielzahl kommerzieller Anbieter etabliert, die Unternehmen bei ihren Anträgen unterstützen.<sup>235</sup> Diese Anbieter erhalten im Gegenzug für ihre Leistungen einen oft erheblichen Anteil der bewilligten Fördergelder. Somit fließt ein Teil

### Box B 1-6 Good-Practice-Beispiel „Regulatory Innovation Office“ im Vereinigten Königreich

Im Vereinigten Königreich wurde ein Regulatory Innovation Office (RIO) eingerichtet, um gezielt regulatorische Hürden für Innovationen in vielversprechenden Technologiebereichen zu identifizieren. Das RIO erarbeitet Vorschläge, wie der

regulatorische Rahmen derart angepasst werden kann, dass die Chancen auf die Entwicklung und Einführung innovativer Technologien gehoben werden können. Dies veranschaulicht einen Ansatz „ermöglichernder“ Regulierung, der nicht nur darauf abzielt, die Risiken innovativer Technologien zu begrenzen. Diese Aufgaben gehen über den Zuständigkeitsbereich des Normenkontrollrats hinaus.

der für die Innovationsförderung verausgabten staatlichen Mittel nicht in Innovationsvorhaben, sondern in die Antragstellung.

Beispielsweise ist das Antragsverfahren für die Forschungszulage aufwendig, da die geltend gemachten FuE-Aufwendungen anhand der konkret durchgeführten FuE-Vorhaben beschrieben werden müssen. Dies kann sowohl Unternehmen, die bislang selten und in nur geringem Umfang FuE-Aktivitäten durchführen, als auch Unternehmen mit vielen kleinen FuE-Vorhaben von einer Antragstellung abschrecken. Eine Befragung von Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau aus dem Jahr 2024 identifizierte wahrgenommene Hemmnisse im Antragsprozess der Forschungszulage. So sahen Unternehmen die Dokumentation der förderfähigen internen FuE-Aufwendungen in Form der FuE-Personalkosten besonders häufig als Herausforderung an.<sup>236</sup> Zudem berichteten Unternehmen von einem hohen Aufwand durch die wiederholte Eingabe vieler Informationen in ELSTER, die bereits im Rahmen der Antragstellung bei der Bescheinigungsstelle abgegeben worden waren.<sup>237</sup>

Bürokratie kann Innovationen auch indirekt hemmen, indem sie wichtige personelle Ressourcen bindet. Dies betrifft insbesondere KMU, da sie sich nur begrenzt spezialisiertes Personal leisten können. Dort obliegt die Erfüllung staatlicher Dokumentations- und Nachweispflichten häufig der Geschäftsführung oder Fachkräften mit technischem Know-how. Das sind aber meist genau die Personen, die in KMU Innovationen hervorbringen. Die Zeit, die diese Personen für staatlich geforderte Dokumentationen und Nachweise aufwenden, steht folglich nicht mehr für innovative Aktivitäten zur Verfügung. So gaben 44 Prozent der im Jahr 2023 im Rahmen des IAB/ZEW-Gründungspanels Befragten an, aufgrund von Bürokratie weniger Zeit für Inno-

vations- und Forschungsaktivitäten zu haben.<sup>238</sup> Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt eine Studie auf Basis des KfW-Mittelstandspanels: Im Jahr 2024 nannten 46 Prozent der befragten Unternehmen bürokratische Hürden als Innovationshemmnis.<sup>239</sup>

Obwohl die Belastungen durch Bürokratie weitgehend unstrittig sind, können Bemühungen zum Bürokratieabbau daran scheitern, dass viele Vorgaben zwar für sich genommen als sinnvoll erachtet werden, sich die Belastung aber nicht aus einer einzelnen Vorschrift, sondern aus der Menge an Dokumentations- und Nachweispflichten ergibt. Vor diesem Hintergrund ist ein naheliegender erster Schritt, Redundanzen in den Informationspflichten von Unternehmen zu beseitigen. Einen wesentlichen Ansatzpunkt stellt hierbei die Umsetzung des Once-Only-Prinzips dar. Es ermöglicht Behörden, Dokumente und Daten, die bereits bei anderen Behörden vorliegen, direkt abzurufen. Unternehmen müssen entsprechende Daten somit nur einmal bereitstellen. Die Umsetzung des Prinzips erfordert jedoch weitere technische und rechtliche Anpassungen, um einen vollständigen Datenaustausch unter Behörden zu ermöglichen.<sup>240</sup>

Die konkrete Belastung durch einzelne Vorschriften lässt sich oft nur schwer abschätzen, da diese häufig im Zusammenspiel mit anderen bestehenden Vorschriften entstehen oder sich aus praktischen Hürden ergeben, die dem Gesetzgeber im Einzelnen unbekannt sind. Um die Wirkung einer neuen Regulierung in der Praxis besser abschätzen zu können, erlauben sogenannte Praxischecks<sup>241</sup> frühzeitige Rückmeldung durch von der Regulierung Betroffene. So können Wege identifiziert werden, wie das Regulierungsziel belastungssärmer erreicht werden kann.<sup>242</sup> Die Bundesregierung plant – wie bereits die Vorgängerregierung<sup>243</sup> – alle Ministerien zu mindestens zwei Praxischecks im Jahr zu verpflichten.<sup>244</sup>

In ihren Bemühungen um eine Reduktion bürokratischer Belastungen setzt die Bundesregierung ebenfalls auf Prinzipien wie One-In-One-Out (OIOO) oder One-In-Two-Out (OITO), nach denen die Einführung einer neuen Regulierung die Abschaffung einer bzw. zweier alter Regulierungen erfordert. Derart mechanistische Vorgehensweisen sorgen dafür, dass die Anzahl an geltenden Regeln sinkt (OITO) oder zumindest nicht steigt (OIOO). Dies ist zwar eine pragmatische Vorgehensweise, aber es bleibt unklar, ob sie in ihrer Wirkung zum Bürokratierückbau beiträgt. Denn sie berücksichtigt weder den mit den einzelnen Regeln verbundenen Aufwand, noch ist sichergestellt, dass die Regeln den gleichen Adressaten betreffen. Zudem könnte mit dem Abbau unnötiger Regulierungen gewartet werden, um diese für künftige, neue Regulierungsvorhaben „in der Hinterhand“ zu behalten. Gleichzeitig könnte die Einführung sinnvoller Regulierung verzögert werden, wenn keine „abbaubare“ andere Regulierung identifiziert wird. Diese Fehlanreize werden durch eine Erweiterung von OIOO zu OITO, wie sie in der Modernisierungsagenda<sup>245</sup> für den Bund vorgesehen ist und auf EU-Ebene gefordert wird, verstärkt.

### Unternehmensübergabe als mögliches Innovationshemmnis im Mittelstand

Eine zunehmende Zahl mittelständischer Unternehmen steht vor der Herausforderung, aufgrund des Alters ihrer Inhaber-Geschäftsführerinnen und -Geschäftsführer eine Nachfolgeregelung finden zu müssen. Auch wenn die familieninterne Übergabe weiterhin von vielen Eigentümerinnen und Eigentümern favorisiert wird, sind die Nachkommen nicht immer in der Lage oder bereit, das Familienunternehmen weiterzuführen. Abhängig von der Art der Übergabe können sich zudem verschiedene Hemmnisse für Investitionen und Innovationen ergeben: Die familieninterne Übergabe kann zur Investitionszurückhaltung führen, wenn die Alteigentümer nicht die Entscheidungsspielräume der Nachfolgerinnen und Nachfolger einschränken möchten oder es vorziehen, diesen die notwendigen Anpassungen im Unternehmen zu überlassen.

Bei der familienexternen Übergabe stehen die Alteigentümer vor einem Dilemma. Sollten sie befürchten, dass der Verkaufspreis aufgrund von Informationsasymmetrien oder Verhandlungsmacht der Käuferseite nicht den tatsächlichen Unternehmenswert widerspiegeln wird, könnten sie sich mit wei-

teren Investitionen vor einem Verkauf zurückhalten.<sup>246</sup> Zugleich hängt die Wahrscheinlichkeit, eine Käuferin oder einen Käufer zu finden, vom Zustand des Unternehmens und damit von der vorherigen Investitionstätigkeit der Alteigentümer ab.<sup>247</sup> Empirische Studien kommen zu differenzierten Ergebnissen: Typischerweise sinkt die Investitionsbereitschaft vor anstehenden internen Nachfolgen, aber nicht vor einem Verkauf; hingegen sinken FuE-Aktivitäten tendenziell vor einem Verkauf, jedoch nicht vor einer internen Nachfolge.<sup>248</sup>

## B 1-5 Handlungsempfehlungen

Die meisten Unternehmen in Deutschland gehören dem Mittelstand an, der nach dem hier zugrundeliegenden Verständnis jene Unternehmen umfasst, in denen Eigentümerinnen und Eigentümer zugleich die Geschäftsführung innehaben. Meist sind dies KMU. Der Mittelstand steht für langfristige Orientierung, starke regionale Verwurzelung, flache Hierarchien und eine hohe Bedeutung unternehmerischer Verantwortung. Die Analysen zeigen, dass mittelständische Unternehmen seltener als nicht-mittelständische in forschungsintensiven Industrien und wissensintensiven Dienstleistungen vertreten sind.

Etwa jedes zweite mittelständische Unternehmen hat im Zeitraum 2020 bis 2023 mindestens eine Produkt- oder Prozessinnovation hervorgebracht. Rund 5 Prozent gelang die Einführung von Marktneuheiten. Werden Unterschiede in Unternehmensmerkmalen wie Größe und Branchenzugehörigkeit berücksichtigt, gelang es mittelständischen Unternehmen im Zeitraum 2005 bis 2023 häufiger Innovationen einzuführen als vergleichbaren nicht-mittelständischen Unternehmen. Obwohl mittelständische Unternehmen gemessen am Umsatz zwar signifikant geringere Innovationsausgaben tätigten als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen, konnten sie einen höheren Umsatzanteil durch die Einführung von Produktinnovationen erzielen. Zudem waren mittelständische Unternehmen häufiger innovationsaktiv als vergleichbare nicht-mittelständische Unternehmen, wobei sie seltener kontinuierliche FuE, aber häufiger gelegentliche FuE und Innovationsaktivitäten ohne interne FuE durchführten.

Innovierende Unternehmen sind produktiver als nicht-innovierende Unternehmen mit vergleichba-

ren Eigenschaften. Dieser Unterschied ist im Mittelstand stärker ausgeprägt, insbesondere wenn sowohl in Innovation als auch in Digitalisierung investiert wird. Innovationsaktivitäten und Produktivität mittelständischer Unternehmen werden allerdings durch Hemmnisse wie Fachkräftemangel, die mit Innovationen verbundenen Kosten und Risiken sowie bürokratische Belastungen beeinträchtigt.

Zentrale Handlungsfelder wie die Fachkräftesicherung – etwa durch flexible Weiterarbeit nach dem Renteneintritt oder den Ausbau von Kinderbetreuung – sowie Maßnahmen zum Abbau bürokratischer Belastungen, u. a. bei der Beantragung von Innovationsförderung, stehen zwar bereits auf der politischen Agenda. Die Expertenkommission empfiehlt dennoch, die bestehenden Rahmenbedingungen in diesen Bereichen weiter zu verbessern, denn dadurch kann unternehmerisches Handeln attraktiver und die Innovationskraft des Mittelstands gestützt werden.

### Vereinfachungen im Antragsprozess bei der Innovationsförderung umsetzen

- Um die Wirksamkeit der Forschungszulage zu erhöhen und insbesondere KMU den Zugang zu erleichtern, sollte der Antragsprozess weiter vereinfacht werden. Dazu gehört erstens, die Anforderungen an einen Erstantrag zu verringern, etwa indem die erforderliche Dokumentation der FuE-Personalkosten verschlankt wird. Zweitens sollte für Unternehmen, die bereits positiv beschiedene FuE-Vorhaben vorweisen können, ein vereinfachtes Antragsverfahren bereitgestellt werden. Der geringere Aufwand für die Antragstellung und -prüfung würde eine Einsparung administrativer Kosten ermöglichen. Drittens ließen sich Effizienzgewinne erzielen, indem Antragsunterlagen (teil-)automatisiert digital vorausgefüllt werden und das Once-Only-Prinzip Anwendung findet, sodass bereits vorliegende Unternehmensdaten und Unterlagen wiederverwendet werden können.
- Die zunehmende Digitalisierung gilt als wichtiger Treiber für Innovationen, da digitale Technologien, Daten und KI-basierte Methoden neue und verbesserte Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle ermöglichen. Insbesondere in KMU werden die Innovationspotenziale

durch die digitale Transformation allerdings noch nicht umfänglich gehoben. Daher fördern bestehende Programme die Adoption und Diffusion digitaler Technologien in KMU. Diese Programme sollten regelmäßig evaluiert und gegebenenfalls nachgeschärft werden.

### Bürokratie abbauen

- Um die Innovationsaktivität insbesondere des Mittelstands zu fördern, sollte die Bundesregierung konsequent Bürokratie abbauen sowie Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren vereinfachen. Die Modernisierungsagenda der Bundesregierung sowie die Föderale Modernisierungsagenda, die den bürokratischen Aufwand durch Regulierungsreduzierung, digitale Verwaltungsprozesse und praktikablere Rechtsvorschriften zu senken beabsichtigen, sollten vorangetrieben werden.
- Bei der Formulierung neuer Vorschriften und Gesetze ist auf eine adressatengerechte Sprache und Gestaltung zu achten, ohne die juristische Präzision zu schmälern.
- Wissen sowie Erfahrungen aus der Praxis sollten systematisch einbezogen werden, um die Regelungen verständlich, nachvollziehbar und praxistauglich zu gestalten. Dafür eignet sich in besonderem Maße das Instrument der Praxischecks, das eine frühzeitige Beteiligung der betroffenen Akteure sicherstellen kann. Sollte dieses Instrument bei Gesetzgebungsverfahren eingesetzt werden, sollte der Praxischeck zügig durchgeführt werden, um das Verfahren nicht unnötig zu verzögern.
- Ein effektiver Regulierungsabbau sollte sich an der Kosten-Nutzen-Relation einzelner Regulierungen im Kontext der Gesamtheit aller Vorschriften und nicht an der reinen Zahl an Regulierungen orientieren. Hier sind Praxischecks starren Regeln wie One-In-One(Two)-Out vorzuziehen, denn letztere berücksichtigen nicht den mit den einzelnen Regeln verbundenen Aufwand.

- Das Once-Only-Prinzip, also die angestrebte einmalige Einreichung von Daten beispielsweise bei Melde- und Berichtspflichten, kann maßgeblich zu einer Reduktion der bürokratischen Belastungen beitragen. Die Moder-

nisierungsagenda der Bundesregierung würdigt zwar die Bedeutung dieses Prinzips, aber nun müssen zeitnah Maßnahmen ergriffen werden, um redundante Berichts- und Dokumentationspflichten zu identifizieren und zu reduzieren. Der in der Modernisierungsagenda angesprochene Ansatz, mithilfe des sogenannten Rulemapping das bestehende Geflecht an Gesetzen und Verordnungen systematisch auf Redundanzen, Widersprüche und Vereinfachungsmöglichkeiten zu durchforsten, erscheint vielversprechend.

- Die Bundesregierung sollte regulatorische Rahmenbedingungen für ausgewählte Technologiefelder so gestalten, dass die Entstehung und Diffusion von Innovationen in diesen Bereichen gezielt ermöglicht und unterstützt werden. Inspiration für die Vorgehensweise bietet die Einrichtung des Regulatory Innovation Office im Department for Science, Innovation and Technology im Vereinigten Königreich.

#### Einwanderung qualifizierter Fachkräfte erleichtern

- Am Prozess der (Fachkräfte-)Einwanderung ist eine Vielzahl staatlicher Akteure beteiligt. Dies bedeutet nicht, dass Interessierte mit jeder dieser Stellen direkten Kontakt haben müssen. Eine zentrale digitale Plattform sollte gemäß dem Once-Only-Prinzip sämtliche Verfahren zur Einreise, Anerkennung von Qualifikationen und Erteilung von Aufenthaltstiteln bündeln. Der aktuelle Verfahrensstand sollte darüber hinaus von den Antragstellenden jederzeit einsehbar sein. Die im Koalitionsvertrag vorgesehene Work-and-Stay-Agentur könnte diese Rolle einnehmen. Die im entsprechenden Eckpunktepapier vereinbarten Schritte zur Umsetzung der Work-and-Stay-Agentur sind grundsätzlich positiv zu bewerten. Das Ziel muss eine unkomplizierte und möglichst schnelle Bearbeitung der Anträge sein. Die Plattform sollte regelmäßig evaluiert und an die Bedarfe angepasst werden.



# B2 Wettbewerb und Innovation im deutschen Hochschulsystem



[Download der Abbildung](#)





# B2 Wettbewerb und Innovation im deutschen Hochschulsystem

Wissenschaft ist seit jeher wettbewerblich organisiert. Forscherinnen und Forscher stehen in Konkurrenz um neue Erkenntnisse. Ihr Erfolg in diesem Wettbewerb prägt maßgeblich ihre wissenschaftliche Laufbahn. Auf institutioneller Ebene spielte Wettbewerb zwischen Hochschulen, sowohl Universitäten als auch Hochschulen der angewandten Wissenschaften (HAW), in Deutschland dagegen lange eine untergeordnete Rolle.

Mit der seit den späten 1990er Jahren gewachsenen formalen Autonomie der Hochschulen und der damit verbundenen Hinwendung zu einer „Output-orientierten“ Steuerung über Zielvereinbarungen, Kennzahlen und Evaluationen hat jedoch auch der Wettbewerb zwischen den Hochschulen deutlich zugenommen. Die Exzellenzinitiative und die daran anschließende Exzellenzstrategie sind besonders sichtbare Programme, in deren Rahmen Universitäten um erhebliche Forschungsmittel und wissenschaftliches Ansehen konkurrieren.

Auch im Bereich der Lehre hat der Wettbewerb inzwischen an Bedeutung gewonnen. In den letzten Jahren stagnierende Studierendenzahlen sowie neue – teilweise private – Anbieter erhöhen die Konkurrenz um Studierende, unabhängig davon, dass perspektivisch wieder mit stärkeren Erstsemesterjahrgängen gerechnet wird.

Darüber hinaus sehen sich Hochschulen heute mit vielfältigen weiteren Anforderungen außerhalb ihrer traditionellen Kernaufgaben Forschung und Lehre konfrontiert. Für das deutsche Forschungs- und Innovationssystem ist insbesondere der Wettbewerb im Bereich des Technologietransfers wichtig, also der Überführung der in der Forschung

gewonnenen Erkenntnisse in innovative Produkte, Verfahren und Dienstleistungen.

Der Bund und die verfassungsgemäß für die Hochschulpolitik zuständigen Länder gestalten mit ihren Entscheidungen die Rahmenbedingungen des Wettbewerbs zwischen Hochschulen und den Handlungsspielraum der einzelnen Institutionen. Hinreichend Handlungsspielraum und eine verlässliche Finanzierung sind dabei zentrale Voraussetzungen für einen funktionsfähigen Wettbewerb im deutschen Hochschulsystem und dafür, dass Universitäten und HAW international wettbewerbsfähig forschen, qualitativ hochwertige und international ausgerichtete Lehre anbieten sowie den Technologietransfer wirksam stärken können.

## B2-1 Hochschulen im Wettbewerb um Forschungsförderung und Spitzenpersonal

### Wettbewerb um Drittmittel stark ausgeprägt

Das deutsche Hochschulsystem<sup>249</sup> umfasste im Jahr 2025 mehr als 400 Hochschulen, darunter zwei Drittel in staatlicher Trägerschaft.<sup>250</sup> Die Forschungsförderung staatlicher Hochschulen basiert einerseits auf Grundmitteln, in der Regel vom jeweiligen Bundesland als Hochschulträger bereitgestellt, sowie andererseits auf Drittmitteln, die in wettbewerblichen Verfahren von öffentlichen und privaten Fördermittelgebern für eine bestimmte Laufzeit eingeworben werden. Bedeutende öffentliche Fördermittelgeber auf nationaler Ebene sind die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) und das

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE). Für die wettbewerbliche Forschungsförderung werden verschiedene Formate genutzt, darunter themenoffene, aber auch themenspezifische Wettbewerbe.<sup>251</sup>

Die erfolgreiche Einwerbung von (hoch)kompetitiven Drittmitteln hat in der Vergangenheit stark an Bedeutung gewonnen.<sup>252</sup> Sie verschafft nicht nur Ressourcen, sondern dient zudem – abhängig von Fördermittelgeber und -volumen sowie dem zugrundeliegenden Begutachtungs- und Auswahlverfahren – als Indikator für die Leistungsfähigkeit einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie der Hochschulen. Hohe öffentliche Aufmerksamkeit erlangen beispielsweise die im DFG-Förderatlas<sup>253</sup> seit den 1990er Jahren regelmäßig veröffentlichten Rangfolgen der Hochschulen gemäß den von ihnen eingeworbenen Drittmitteln sowie die Förderentscheidungen im Rahmen der Exzellenzinitiative und -strategie.

Grundsätzlich sind wettbewerbliche Verfahren geeignet, die Vergabe von Forschungsmitteln an der Leistungsfähigkeit von Einrichtungen und Personen auszurichten und Anreize zu setzen, diese Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Jedoch bringt ein intensiver Drittmittelwettbewerb auch Herausforderungen mit sich. So deuten Forschungsergebnisse darauf hin, dass riskante, aber vielversprechende Projekte in Begutachtungsprozessen benachteiligt werden.<sup>254</sup> Spezielle Förderformate wie z. B. die Reinhart Koselleck-Projekte der DFG gehen punktuell auf dieses Problem ein, indem sich die Förderung explizit an innovative und im positiven Sinne risikobehaftete Forschung richtet.<sup>255</sup>

Zudem gehen sowohl die Antragstellung als auch die Bewertung von Projektanträgen, die zumeist durch andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erfolgt, mit einem erheblichem Personal- und Ressourcenbedarf einher, insbesondere bei stark nachgefragten Förderformaten.<sup>256</sup> Dem Aufwand im Begutachtungsverfahren lässt sich mit Ausgestaltungsmerkmalen wie zweistufigen Verfahren<sup>257</sup> und Randomisierungselementen<sup>258</sup> begegnen.

In der Kritik steht auch die umfangreiche Projektadministration inklusive Berichtspflichten jenseits der Publikation wissenschaftlicher Ergebnisse.<sup>259</sup> Das von der Bundesregierung geplante Innovationsfreiheitsgesetz soll hier Erleichterungen schaffen.

In Fällen, in denen sich Problemlage und Zielvorgaben klar formulieren lassen, der Lösungsweg allerdings offen ist, können Innovationswettbewerbe, innerhalb derer mehrere Teams parallel an Lösungswegen arbeiten, an die Stelle der traditionellen Projektförderung treten. Dieser Ansatz findet sich beispielsweise bei der mittlerweile abgeschlossenen „Grand Challenge der Quantenkommunikation“ des heutigen BMFTR<sup>260</sup> sowie bei den SPRIND Challenges<sup>261</sup>, die mehrstufig konzipiert sind und nur die vielversprechendsten Teams jeweils weiterfordern.

### Exzellenzstrategie als Drittmittelwettbewerb zur Förderung deutscher Spitzenforschung

International existieren verschiedene grundlegende Ansätze, mit denen die Politik versucht, durch die wettbewerbsbasierte Zuteilung von Forschungsmitteln die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Hochschulsystems zu erhöhen. Deutschland gehört wie beispielsweise Frankreich zu den Ländern, die spezielle exzellenzorientierte Drittmittelwettbewerbe organisieren, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit und Sichtbarkeit einer begrenzten Anzahl von besonders leistungsfähigen Universitäten zu erhöhen.<sup>262</sup> In diesen Wettbewerben entscheiden sowohl frühere Leistungen als auch die Bewertung der angestrebten zukünftigen Leistungen über die Mittelvergabe. Andere Länder wie das Vereinigte Königreich setzen auf eine evaluationsbasierte Allokation der Forschungsmittel, die zuvor erbrachte Leistungen („past merit“) – insbesondere die Qualität des Forschungsoutputs – honoriert.<sup>263</sup>

Mit dem Start der Exzellenzinitiative 2005<sup>264</sup>, ab 2016 angepasst fortgeführt als Exzellenzstrategie<sup>265</sup>, intensivierte sich in Deutschland der Wettbewerb im Bereich der universitären Spitzenforschung. In der Förderlinie „Exzellenzcluster“ konkurrieren Universitäten bzw. Verbünde mehrerer Universitäten und/oder außeruniversitärer Forschungseinrichtungen (AUF) um projektbezogene Förderung für innovative und international wettbewerbsfähige Forschungsbereiche. Die hierbei erfolgreichen Einrichtungen können sich zusätzlich um Förderung in der Förderlinie „Exzellenzuniversitäten“ bewerben.<sup>266</sup> Diese zielt auf die Strukturen und die Erneuerungsfähigkeit der gesamten Einrichtung ab, wobei die Förderkriterien neben der Spitzenforschung auch die Qualität von Lehre, Transfer und Forschungsinfrastrukturen sowie u. a. Verwaltungsstrukturen, Personalgewinnung und -entwicklung, Chancengleichheit und Internationalisierung

umfassen.<sup>267</sup> Dabei sind nicht nur bereits erbrachte Leistungen entscheidend, sondern auch die zukunftsgerichtete Gesamtstrategie.

In ihrer Evaluation der Exzellenzinitiative („Imboden-Bericht“) hatte eine internationale Expertenkommission 2016 empfohlen, „Exzellenzuniversitäten“ allein anhand der Spaltenforschung zu fördern und eine Vermischung mit anderen Zielsetzungen zu vermeiden.<sup>268</sup> Konkret empfahl sie, den zehn forschungsstärksten Universitäten über einen Zeitraum von sieben bis acht Jahren eine fixe Exzellenzprämie zu zahlen.<sup>269</sup> Auf ein Antrags- und Begutachtungsverfahren sollte gänzlich verzichtet werden. Diesem Vorschlag folgte die Politik seinerzeit nicht.

Eine umfassende Evaluation der Exzellenzstrategie war gemäß der zugrundeliegenden Bund-Länder-Verwaltungsvereinbarung für das Jahr 2035 vorgesehen.<sup>270</sup> Laut aktuellem Koalitionsvertrag soll sie nun „für eine mögliche Förderperiode ab 2030“ vorgezogen werden.<sup>271</sup> Für die vorangegangene Exzellenzinitiative liegen quantitative Studien zu den Födereffekten bereits vor. Diese Studien fokussieren als Analyseebene zumeist entweder auf die geförderten Exzellenzcluster oder die Universitäten mit Zukunftskonzept. Selten wird der Mehrwert der Förderung auf Universitätsebene über die reine Clusterförderung hinaus betrachtet. Die Studien zeigen, dass der Publikationsoutput infolge der Exzellenzförderung signifikant gestiegen ist<sup>272</sup> und Kooperationen mit dem Ausland<sup>273</sup> sowie mit AUF<sup>274</sup> und Unternehmen<sup>275</sup> gestärkt wurden. Hinsichtlich der Qualität der Publikationen ist die vorliegende Evidenz weniger eindeutig.<sup>276</sup> Eine öffentlich zugängliche, systematische Erfassung des Personal- und Ressourcenaufwands für Antragstellung sowie Begutachtungs- und Auswahlprozess sowohl insgesamt als auch separiert nach Förderlinien liegt derzeit nicht vor.

#### Keine systematische Erfassung der Publikationen und anderer Leistungen auf Individualebene

Die wettbewerbliche Vergabe von Forschungsmitteln beruht – je nach angewendetem Verfahren in unterschiedlichem Ausmaß – zum Teil auf der früheren Leistung der jeweiligen Einrichtung oder Person. Diese Leistung umfassend, verlässlich und vergleichbar abzubilden ist daher von erheblicher Bedeutung. Trotz umfangreicher Berichtspflich-

ten, die mit der wettbewerblichen Mittelvergabe verbunden sind, existiert in Deutschland keine systematische bundesweite Erfassung von Publikationen und anderen Leistungen, Drittmittelprojekten sowie Hochschulzugehörigkeiten einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Dies erschwert eine leistungsgerechte Mittelzuteilung an die Hochschulen ebenso wie Wirkungsanalysen von Förderinstrumenten und Politikreformen.

Zwar werden verschiedene Datenbanken genutzt<sup>277</sup>, allerdings fehlen zumeist öffentlich zugängliche, eindeutige und dauerhafte Identifier<sup>278</sup> zu ihrer Verknüpfung. Mit der Einrichtung des Kompetenznetzwerks Bibliometrie<sup>279</sup> wurde damit begonnen, Strukturen und Kompetenzen aufzubauen, um Publikationsdaten nutzbar zu machen. Damit werden jedoch nicht alle Kategorien erfasst, die für eine umfassende Leistungsbewertung der Hochschulen erforderlich sind. Für die interne Forschungsadministration nutzen Hochschulen verschiedene Forschungsinformationssysteme (FIS), auch von kommerziellen Anbietern wie Elsevier und Clarivate Analytics. Dabei werden die Aktivitäten der eigenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erfasst, jedoch ohne diese Daten dem Wissenschaftssystem verfügbar zu machen.

Andere Länder haben landesweite Datenbanken zur systematischen Erfassung von Forschungsleistungen aufgebaut. Beispielsweise zielt das neu aufgebaute Nationale Forschungsinformationsarchiv (NVA) in Norwegen<sup>280</sup> darauf ab, Publikationen und weitere Leistungen zu erfassen und sie in einer gemeinsamen nationalen Lösung frei zugänglich zu machen. Dabei werden Forschungsinput und -output miteinander verknüpft, sodass auch nach Fördermittelgebern oder Förderkennzeichnungen einzelner Projekte gesucht werden kann.

#### Strategische Handlungsfähigkeit in der Praxis begrenzt

Zur Erlangung internationaler Wettbewerbsfähigkeit und Sichtbarkeit bedarf es nicht nur finanzieller Ressourcen, sondern auch der echten Autonomie und der strategischen Handlungsfähigkeit von Hochschulen. In den letzten Jahrzehnten haben die Bundesländer als Träger der Hochschulen deren formale Autonomie deutlich gestärkt. In der Praxis wird diese formale Autonomie bei vielen Aufgaben und Aktivitäten der Hochschulen jedoch durch engmaschige politische und administrative Vorgaben

und Kontrollen konterkariert. Aktuell ziehen diese Beschränkungen im Zuge der Diskussion über Bürokratieabbau<sup>281</sup> erhebliche Aufmerksamkeit auf sich; auch hier kann das geplante Innovationsfreiheitsgesetz neue Freiräume schaffen.

Von zentraler Bedeutung für die strategische Profilbildung von Hochschulen sind Personalentscheidungen, insbesondere Berufungen auf Professuren. Jedoch sind Berufungsverfahren in Deutschland äußerst formalisiert<sup>282</sup> und langwierig – zumeist dauern sie länger als ein Jahr.<sup>283</sup> Besonders schwierig können sich gemeinsame Berufungen von Hochschulen und AUF<sup>284</sup> sowie die gleichzeitige Affiliation einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowohl an einer deutschen Hochschule als auch an einer ausländischen Hochschule gestalten.

Die geltenden rechtlichen Regelungen sowie deren Auslegung durch die Hochschulen führen regelmäßig dazu, dass fachlich besonders ausgewiesene Mitglieder in Berufungskommissionen aufgrund der Besorgnis der Befangenheit von Personalentscheidungen ausgeschlossen werden.<sup>285</sup> Dieser Verlust an Expertise reduziert die strategische Handlungsfähigkeit der Hochschulen. Zudem kann er die Tendenz verstärken, Personalentscheidungen rein auf Basis quantifizierbarer und vermeintlich objektiver Kriterien zu treffen, anstatt die Passung der jeweiligen Bewerberinnen und Bewerber zum spezifischen Profil der ausgeschriebenen Stelle durch fachkundige Personen beurteilen zu lassen.

Die Langwierigkeit deutscher Berufungsverfahren erschwert vor allem im internationalen Wettbewerb die Rekrutierung von Spitzenpersonal.<sup>286</sup> Um besonders ausgewiesene Forscherinnen und Forscher zu berufen, sehen viele Landeshochschulgesetze daher vor, dass in Ausnahmefällen auf eine Ausschreibung verzichtet werden kann.<sup>287</sup> Des Weiteren können deutsche Hochschulen über das Förderformat der Alexander-von-Humboldt-Professur Forscherinnen und Forscher aus dem Ausland nominieren. Auch das 1.000-Köpfe-plus-Programm („Global Minds Initiative“) der Bundesregierung, die ERC Plus Grants („Super Grants“) der EU und weitere Maßnahmen etwa der Bundesländer und der DFG zielen auf die Gewinnung von Forschungspersonal aus dem Ausland ab. Die Attraktivität Deutschlands als Standort international mobiler Forscherinnen und Forscher wird in der Breite jedoch weniger von diesen punktuell ausgerichteten Programmen als von den allgemeinen Auswahlverfahren sowie den

Vergütungs- und Arbeitsbedingungen bei Professuren und anderen wissenschaftlichen Positionen bestimmt. Bei der Gewinnung von Personen ohne deutsche oder EU-Staatsangehörigkeit ist hierbei auch die effiziente Klärung ausländer- und beamtenrechtlicher Fragen bedeutsam.<sup>288</sup>

## B 2-2 Hochschulen im Wettbewerb um Studierende

### Hochschullandschaft mit zunehmendem Wettbewerb um Studierende

Während der Wettbewerb um Forschungsmittel und Spitzenpersonal bereits seit Jahren intensiv geführt wird, hat der Wettbewerb um Studierende in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Qualität und Profilbildung in der Lehre werden für Hochschulen zunehmend wichtiger, jedoch wird ein qualitätsbasiertes Wettbewerb durch die fehlende Transparenz hinsichtlich Lehrqualität und Studienerfolg erschwert. Dies wiegt umso schwerer, als künstliche Intelligenz (KI) die Kompetenzanforderungen an Absolventinnen und Absolventen grundlegend verändert. Zugleich sind die Gewinnung und der Verbleib internationaler Studierender für die Fachkräftesicherung von zentraler Bedeutung.

Hochschulen konkurrieren zunehmend um Studierende.<sup>289</sup> Anders als der Wettbewerb in der Forschung weist der um Studierende marktähnliche Züge auf: Studienangebot und Nachfrage durch Studieninteressierte treffen aufeinander, und das Studienangebot ist grundsätzlich durch die Hochschulen gestaltbar. Studieninteressierte wählen jene Hochschule, die ihren Präferenzen am ehesten entspricht. Da der Preis für hochschulische Bildungsgüter (z. B. Studiengebühren) an staatlichen Hochschulen keine Rolle spielt und die fachlichen Kerncurricula vieler Studiengänge weitgehend vergleichbar sind, erfolgt die Differenzierung derzeit vor allem über Standortfaktoren neben weiteren Faktoren wie Qualitätsunterschiede und Heimatnähe.<sup>290</sup> Hochschulen können die Nachfrage nach ihren Studienangeboten beeinflussen, etwa durch Programmentwicklung und gute Kommunikation.

Seit der Wiedervereinigung hat sich die deutsche Hochschullandschaft deutlich erweitert. Die Zahl der Hochschulen stieg von etwa 300 im Jahr 1992 auf über 400 im Jahr 2009, vor allem durch die Zunahme privater Hochschulen.<sup>291</sup> Seit 2012 stagniert die

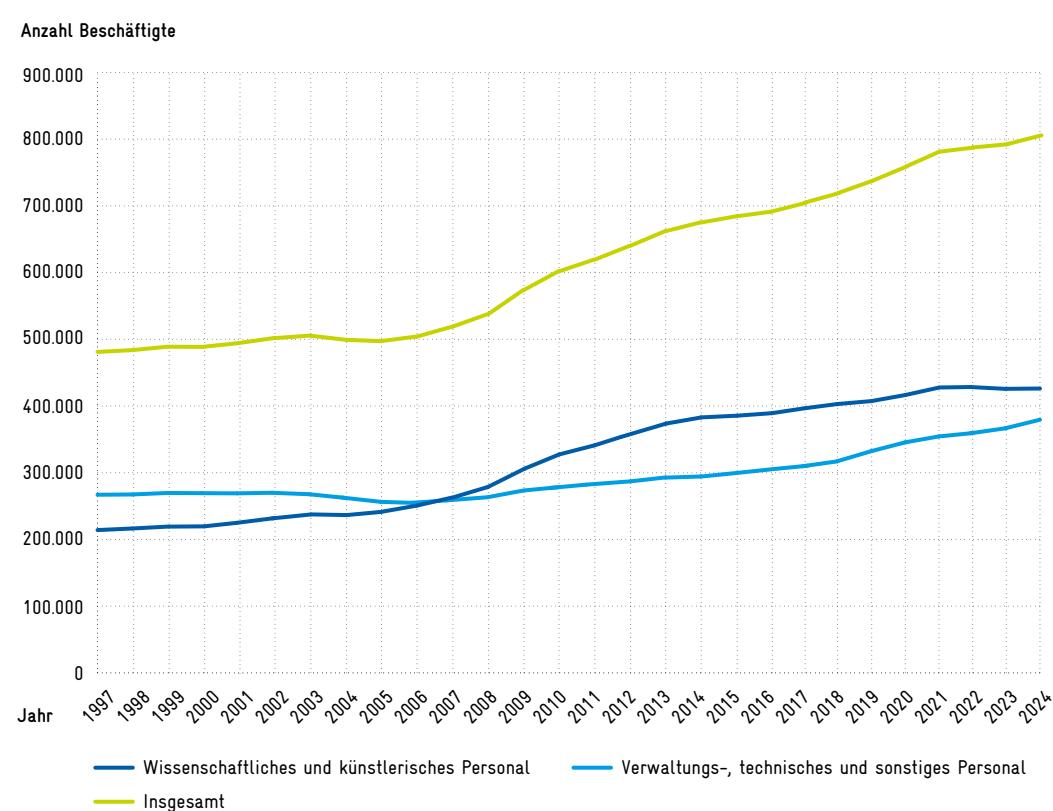
Anzahl zwischen 421 und 428 Hochschulen. Parallel wuchs die Zahl der Studierenden von etwa 1,9 Millionen im Jahr 2007 auf über 2,9 Millionen im Jahr 2020 deutlich; sie ist seitdem leicht rückläufig, zeigt jedoch im laufenden Wintersemester (WS) 2025/26 nach ersten vorläufigen Analysen des Statistischen Bundesamts eine leichte Trendwende.<sup>292</sup> Die Dynamik spiegelt vor allem die rückläufige Entwicklung an staatlichen Hochschulen wider, an denen 86 Prozent aller Studierenden eingeschrieben sind. Die Studierendenzahl an privaten Hochschulen wächst dagegen kontinuierlich.<sup>293</sup> Regional verlief die Gesamtentwicklung unterschiedlich. Nach anfänglichem Zulauf in ostdeutschen Bundesländern verlagerte sich das Wachstum ab Mitte der 2000er Jahre in west- und süddeutsche Bundesländer.<sup>294</sup>

Mit der steigenden Zahl der Hochschulen ist auch das Hochschulpersonal über alle Beschäftigtengruppen hinweg gewachsen, wobei das wissenschaftliche und künstlerische Personal den größten absoluten

Zuwachs verzeichnete (vgl. Abbildung B 2-1). Seit Mitte der 2000er Jahre war hier ein deutlicher Anstieg zu beobachten, der sich ab etwa 2015 jedoch abgeflacht hat. Seit 2022 ist das wissenschaftliche und künstlerische Personal sogar leicht rückläufig, während Verwaltungs-, technisches und sonstiges Personal kontinuierlich weiter zunimmt. Lag das Verhältnis der Gruppen im Jahr 2007 noch nahezu gleichauf, entfielen 2015 rund 56 Prozent des Hochschulpersonals auf das wissenschaftliche und künstlerische Personal. Dagegen waren es 2024 nur noch etwa 52 Prozent.<sup>295</sup>

Viele dieser Entwicklungen sind auf den Qualitätspakt Lehre und den Hochschulpakt 2020 zurückzuführen. Angesichts aktueller Debatten über Mittelkürzungen an den Hochschulen droht möglicherweise zukünftig ein Rückgang beim wissenschaftlichen und künstlerischen Personal. Mit Blick auf die von der Kultusministerkonferenz prognostizierte Zunahme auf jährlich 446.000 Stu-

Abb. B 2-1 Entwicklung des Hochschulpersonals in Deutschland 1997–2024



Lesebeispiel: Zwischen 2004 und 2024 stieg die Anzahl der an deutschen Hochschulen beschäftigten Personen von 500.000 auf 800.000 an.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2025.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.



[Download der Abbildung und Daten](#)

dienanfängerinnen und -anfänger bis 2035 (gegenüber 407.000 im Jahr 2023) wäre das kurzsichtig.<sup>296</sup>

### Mehr Studienangebote und stärkere Profilbildung, Qualitätseffekte schwer beurteilbar

Angesichts der wachsenden Zahl der Hochschulen bei stagnierenden Studierendenzahlen verschärft sich aktuell der Wettbewerb um Studierende, unabhängig davon, dass perspektivisch wieder mit stärkeren Erstsemesterjahrgängen gerechnet wird. Aus Sicht der Hochschulen erfordert dies zunehmend eine Profilbildung im Studienangebot.<sup>297</sup> Eine solche Schwerpunktsetzung kann Qualitätseffekte erzeugen, indem Ressourcen auf ausgewählte, profilprägende Angebote gebündelt und diese inhaltlich und didaktisch weiterentwickelt werden, etwa durch höhere Lehrintensität und bessere Betreuungsrelationen. Zugleich kann sie eine gezieltere Allokation begünstigen, da ein hochschulübergreifend stärker segmentiertes Angebot die Passung zwischen den Präferenzen Studieninteressierter und den jeweiligen Profilen der Studienangebote erhöht.

An privaten Universitäten und HAW dominiert der Bereich der Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Zum WS 2024/25 entfielen 69 Prozent (Universitäten) bzw. 68 Prozent (HAW) der Studierenden auf Studiengänge in diesem Bereich (vgl. Abbildung B 2-2).<sup>298</sup> An staatlichen Universitäten bilden Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften mit rund 32 Prozent zwar auch die größte Fächergruppe, die Verteilung ist jedoch ausgeglichener. Weitere Fächergruppen mit einem hohen Anteil an Studierenden sind Ingenieurwissenschaften (21 Prozent), Geisteswissenschaften (17 Prozent) und Naturwissenschaften (17 Prozent). An staatlichen HAW dominieren die Ingenieurwissenschaften (43 Prozent), gefolgt von den Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (39 Prozent).<sup>299</sup> Damit bieten private Hochschulen überwiegend Studiengänge in Fächergruppen an, die im Durchschnitt deutlich geringere Ausbildungskosten pro Kopf verursachen als ausgabenintensivere Fächergruppen wie beispielsweise Naturwissenschaften.<sup>300</sup>

Staatliche Hochschulen zeichnen sich durch ein breites Studienangebot aus, private Hochschulen durch stärkere Fokussierung. Rund 74 Prozent der privaten Hochschulen boten zum WS 2024/25 zwanzig oder weniger Studiengänge an, während staatliche Hochschulen überwiegend (87 Prozent) mehr als zwanzig Studiengänge anboten. Insgesamt

stieg das Angebot von Studiengängen von 17.000 im Jahr 2014 auf knapp 23.000 Studiengänge im Jahr 2024 – durchschnittlich also um mehr als 550 neue Studiengänge pro Jahr.<sup>301</sup> Die höchste relative Zunahme verzeichneten private HAW mit 50,6 Prozent zwischen 2019 und 2024, wobei sie von einem insgesamt niedrigen Ausgangsniveau starteten.

Viele private Hochschulen spezialisieren sich auf das Fernstudium sowie auf berufsbegleitend ausgerichtete Formate wie Teilzeit- und duales Studium. Im WS 2024/25 studierten dort rund 40 Prozent der Studierenden Fernstudiengänge (gegenüber 4 Prozent an staatlichen Hochschulen), 27 Prozent studierten in Teilzeit (4 Prozent an staatlichen Hochschulen) und 12 Prozent in dualen Studiengängen (3 Prozent an staatlichen Hochschulen).

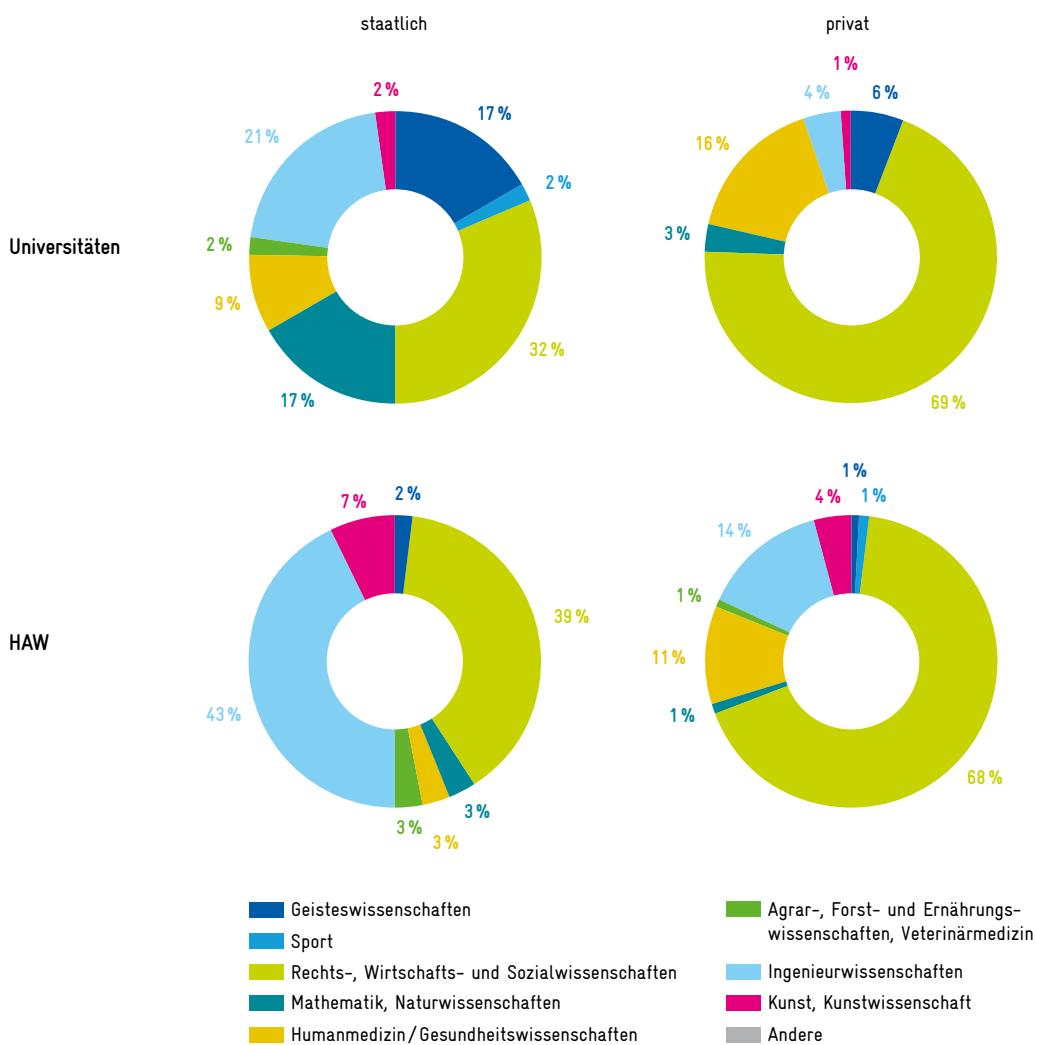
Informationsdefizite bei den Studierenden in Bezug auf die Lehrqualität können einen qualitätsbasierten Wettbewerb schwächen. Systematische, vergleichbare Daten zu Lehrqualität und Studienerfolg fehlen weitgehend. Informationen zu Betreuungsrelationen, administrativer Unterstützung, Abschlussquoten und Studienverlaufsdaten sind mangels zentraler Erfassung kaum belastbar. Der Qualitätspakt Lehre (QPL) gilt als erster großer bundesweiter Förderimpuls für Lehrqualität, hat aber die Dominanz forschungsbasierter Leistungsindikatoren im Hochschulsystem laut Studienergebnissen nicht grundlegend verändert.<sup>302</sup>

Internationale Forschung zeigt, dass Rankings und Transparenzinstrumente das Bewerbungs- und Wahlverhalten von Studierenden beeinflussen und Wettbewerbsanreize für Hochschulen schaffen.<sup>303</sup> Das britische Teaching Excellence Framework (TEF) z. B. erhöhte, trotz methodischer Kritik, die Aufmerksamkeit für Lehrqualität. In Deutschland fehlen vergleichbare Instrumente. Studieninteressierte wählen nach forschungsbasierter Reputation und Standortfaktoren, nicht nach Lehrqualität – weil sie diese nicht vergleichen können (vgl. Box B 2-3).

KI verändert die Kompetenzanforderungen an Hochschulabsolventinnen und -absolventen. Um Studierende auf eine zunehmend von KI geprägte Arbeitswelt vorzubereiten, werden neue Methoden in der Hochschullehre benötigt. Indem Lehrende KI in Lehr-Lern-Settings einbinden und mit Studierenden Chancen und Grenzen reflektieren, können Studierende lernen, KI effektiv zu nutzen,

**Abb. B 2-2** Anteil Studierender nach Fächergruppen, Typ und Trägerschaft der Hochschule im WS 2024/25

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: 69 Prozent der im Wintersemester 2024/25 an privaten Universitäten immatrikulierten Studierenden entfielen auf Studiengänge der Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2025. Eigene Berechnungen.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

KI-Output kritisch einzuordnen, Verzerrungen zu erkennen und die Ergebnisse eigenständig zu überarbeiten.<sup>304</sup> Angesichts der sich fortlaufend verändernden Anforderungen im Umgang mit KI ist die kontinuierliche Auseinandersetzung mit den Entwicklungen im Bereich KI wichtig. Eine zukunfts-fähige Hochschullehre schafft es, die Fähigkeiten zu identifizieren und zu vermitteln, die zu KI-Sys-temen komplementär sind. Dazu gehören insbesondere kritisches Denken und ein gutes Urteils-vermögen.

### Bleibekurve internationaler Studierender weltweit auf Spitzenniveau

Um dem wachsenden Fachkräftemangel zu begegnen, sind auch der Erfolg im Wettbewerb um internationale Studierende und deren langfristige Bindung an den deutschen Arbeitsmarkt entscheidend. Für international mobile Studieninteressierte sind bei der Wahl des Studienorts neben Reputation, Qualität, fachlichem Profil und Beschäftigungsper-spektiven insbesondere der Internationalisierungs-grad der Studienangebote sowie Studien- und Aufenthaltsbedingungen ausschlaggebend.<sup>305</sup>

### Box B 2-3 Beispiele für Transparenz über Lehrqualität

Südkorea betreibt seit Jahren ein umfassendes öffentliches Informationssystem, in dem das Korea Council for University Education systematisch 65 Kennzahlen in 14 Kategorien für alle Hochschulen veröffentlicht, aufgeschlüsselt nach Fachbereichen und Studiengängen.<sup>306</sup> Zu den zentralen Kennzahlen gehören Zulassungsquoten, Studienleistungen, Beschäftigungsquoten der Absolventinnen und Absolventen sowie die Personalausstattung. Die Veröffentlichung erfolgt quartalsweise und zusätzlich anlassbezogen. Die OECD hebt hervor, dass die öffentliche Verfügbarkeit von Informationen über Gehälter und Beschäftigungsquoten nach Studienfach die Effektivität von Qualitätsverbesserungen an Hochschulen erhöht.<sup>307</sup> Die zentrale Veröffentlichung vergleichbarer Daten ermöglicht es Studieninteressierten, Hochschulen gezielt nach Arbeitsmarktrelevanz auszuwählen.

In England bewertet das Teaching Excellence Framework (TEF) seit 2017 die Lehrqualität an

Hochschulen und vergibt Ratings in den Kategorien Gold, Silber, Bronze oder „Requires Improvement“.<sup>308</sup> Die Bewertung erfolgt anhand von „Student Experience“ (Lehrqualität, Bewertung und Feedback, akademische Unterstützung, Lernressourcen, studentische Mitsprache) und „Student Outcomes“ (Fortsetzungs-, Abschluss- und Beschäftigungsquoten). Ein unabhängiges Expertenpanel bewertet dabei eingereichte Evidenzen der Hochschulen sowie quantitative Indikatoren aus nationalen Datensätzen wie dem National Student Survey. Die Bewertungen berücksichtigen die spezifische Studierendenstruktur jeder Hochschule nach sozioökonomischem Hintergrund und Fächerprofil.<sup>309</sup> TEF-Bewertungen sind öffentlich zugänglich und können Studienwahlentscheidungen sowie die Reputation der Hochschulen beeinflussen. Hochschulen mit höheren TEF-Ratings dürfen höhere Studiengebühren verlangen, was finanzielle Anreize für Qualitätsverbesserungen schafft. 228 Hochschulen nahmen an der jüngsten TEF-Runde 2023 teil.

Das deutsche Hochschulsystem verzeichnetet in diesem Bereich sichtbare Fortschritte. Abbildung B 2-4 zeigt die Entwicklung des Anteils internationaler Studierender<sup>310</sup> seit dem WS 2014/15, der von seinerzeit 8,7 auf 14 Prozent im WS 2024/25 anstieg.<sup>311</sup> An Universitäten lag er mit 15,7 Prozent zum WS 2024/25 höher als an HAW (11,8 Prozent). An staatlichen Hochschulen betrug er zum WS 2024/25 14,4 Prozent, an privaten 11,7 Prozent. Ein wichtiger Treiber der Attraktivität ist das wachsende englischsprachige Studienangebot. Desse[n] Anteil stieg von 6,9 Prozent im WS 2017/18 auf 10 Prozent im WS 2024/25, über 80 Prozent des englischsprachigen Studienangebots entfielen auf weiterführende Studiengänge.<sup>312</sup>

Für einen internationalen Vergleich liegen aktuell nur Werte bis zum WS 2023/24 vor.<sup>313</sup> Hier lag Deutschland mit einem Anteil internationaler Studierender von 13,2 Prozent über dem Durchschnitt der EU-25 (8 Prozent) und der OECD (7 Prozent), blieb aber hinter Ländern mit Spitzenwerten wie dem Vereinigten Königreich (23 Prozent), der Schweiz (20 Prozent) und den Niederlanden (18 Prozent) zurück.

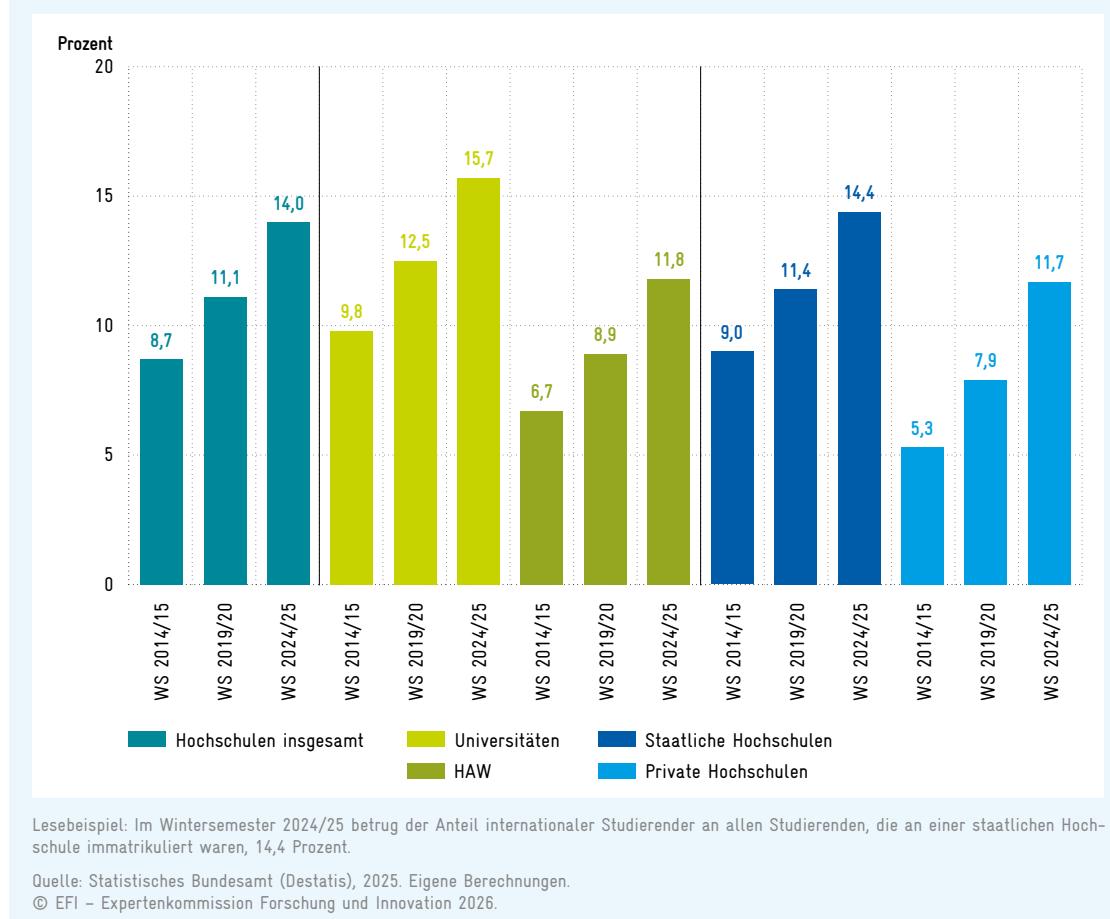
Für die Fachkräftesicherung ist jedoch nicht nur die Anwerbung, sondern vor allem der Verbleib nach dem Abschluss entscheidend.<sup>314</sup> Von 184.000 internationalen Studierenden aus Nicht-EU-Staaten, die zwischen 2006 und 2011 ein Studium in Deutschland begannen, lebten nach fünf Jahren noch 48 Prozent und nach zehn Jahren immer noch 38 Prozent weiterhin in Deutschland.<sup>315</sup> Diese Bleibeprognose gehört nach Kanada zu den höchsten der OECD-Länder.<sup>316</sup> Über 60 Prozent der Verbleibenden sind zu Erwerbszwecken hier und/oder bereits eingebürgert.<sup>317</sup>

Deutschland verzichtet an den meisten staatlichen Hochschulen auf Studiengebühren von Nicht-EU-Ausländerinnen und -Ausländern. Nur Baden-Württemberg erhebt 1.500 Euro pro Semester<sup>318</sup>; in Bayern und Sachsen können Hochschulen eigenständig Gebühren festlegen. Die meisten OECD-Länder hingegen erheben Studiengebühren.<sup>319</sup>

Die Ausbildung internationaler Studierender ist volkswirtschaftlich hochrentabel. Laut einer aktuellen Studie amortisieren sich die Kosten für die Ausbildung internationaler Studierender für die öffentliche Hand – je nach Annahme zu den Bleibeprognosen – bereits zwei bis fünf Jahre nach Studien-

Abb. B 2-4 Anteil internationaler Studierender nach Hochschultyp und Trägerschaft

 [Download der Abbildung und Daten](#)



ende.<sup>320</sup> Internationale Studierende, die nach dem Abschluss im Land verbleiben, haben bereits erste Sprachkenntnisse erworben, sind sozial integriert, können den Arbeitsmarkt besser einschätzen und verfügen über anerkannte Qualifikationen. Dies schafft Anreize für Hochschulen und Regionen, um talentierte ausländische Studierende zu konkurrieren.<sup>321</sup> Allerdings nennen auch 36 Prozent der internationalen Absolventinnen und Absolventen eine erfolglose Arbeitsplatzsuche als Hauptmotiv für die Ausreise. Mangelnde Deutschkenntnisse stellen dabei die größte Herausforderung dar.<sup>322</sup>

### B 2-3 Wissenstransfer als dritte Mission der Hochschulen

#### Technologietransfer zentral für Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit

Der Wissenstransfer – also die Überführung von Forschungsergebnissen in die Anwendung in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik – ist im Hochschul-

rahmengesetz und in den Landeshochschulgesetzen als Hochschulaufgabe verankert.<sup>323</sup> Er wird häufig als „dritte Mission“ der Hochschulen, neben Forschung und Lehre, bezeichnet. Dies verdeutlicht die hohe gesellschaftliche Relevanz des Transfers, der jedoch nicht unabhängig von den beiden anderen Missionen ist. Um transferiert werden zu können, muss Wissen zunächst durch Forschung hervorgebracht werden; zugleich ist die Lehre ein zentraler Kanal, über den das Wissen in die Anwendung gelangt. Transferaktivitäten wiederum können Forschung und Lehre neue Impulse geben.

Dem Wissenstransfer „über Köpfe“, also dadurch, dass Absolventinnen und Absolventen sowie Promovierte außerhalb des Wissenschaftssystems tätig werden, kommt bereits seit Langem hohe Bedeutung zu. So sind, anders als im Ausland üblich, über 70 Prozent derjenigen, die an einer deutschen Hochschule promoviert haben, zwei Jahre nach Abschluss ihrer Promotion außerhalb des akademischen Sektors beschäftigt, u. a. in der industriellen FuE.<sup>324</sup>

Darüber hinaus werden seit mehreren Jahrzehnten verstärkt Bemühungen unternommen, den Transfer konkreter Forschungsergebnisse in die Anwendung zu erleichtern.<sup>325</sup> Von zentraler Bedeutung für die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft, und ebenso für die Bewältigung der mit Digitalisierung und Dekarbonisierung verbundenen Transformationen, ist dabei der Technologietransfer, also die Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse in technische Lösungen für marktfähige Produkte, Verfahren und Dienstleistungen.<sup>326</sup> Damit dieser gelingt, müssen die Forschungsergebnisse von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern selbst oder von anderen Akteuren im In- und Ausland weiterentwickelt werden. Die wirtschaftliche Verwertung erfolgt anschließend in Unternehmen, entweder über Ausgründungen aus den Hochschulen oder über bestehende Unternehmen.<sup>327</sup>

In der aktuellen politischen Diskussion wird einer Verbesserung des Technologietransfers ein hohes Potenzial zugesprochen, zu Innovation und Wachstum in Europa und Deutschland beizutragen. Der sogenannte Draghi-Report identifizierte 2024 den unzureichenden Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in marktfähige Innovationen als eine der zentralen strukturellen Schwächen Europas.<sup>328</sup> Auch die Hightech-Agenda der Bundesregierung (HTAD) nennt den Transfer als ersten von neun „Hebeln“ zur Stärkung des deutschen Forschungs- und Innovationssystems.

Das Spektrum der Aktivitäten, die dem Wissenstransfer als dritter Mission der Hochschulen zuge-rechnet werden, hat sich in den vergangenen Jahrzehnten erheblich erweitert. Zunehmend in den Fokus gerückt ist dabei der Wissenstransfer und -austausch mit anderen gesellschaftlichen Akteuren als Unternehmen, insbesondere die Weitergabe wissenschaftlicher Erkenntnisse in Politik und Gesellschaft.<sup>329</sup> Aufgrund seiner Bedeutung für den Innovationsstandort Deutschland steht im Mittelpunkt dieses Abschnitts der Technologietransfer.

### Forschungsbasierte akademische Gründungen leicht rückläufig

Gründungen aus dem Hochschulkontext heraus sind vielfältig. Sie unterscheiden sich u. a. darin, welche Personengruppen (Studierende oder Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler) beteiligt sind, ob sie auf Rechten an geistigem Eigentum (Intellectual

Property, IP) beruhen und wie eng der Zusammenhang der Gründungsidee mit aktueller Forschung ist.<sup>330</sup> Für den Technologietransfer sind insbesondere die Gründungen mit engem Forschungsbezug – häufig auch als Spin-offs oder Ausgründungen bezeichnet – von zentraler Bedeutung.<sup>331</sup> Die nachstehenden Analysen und Empfehlungen beziehen sich auf diese forschungsbasierten akademischen Gründungen.

Einheitliche Erfassungen der verschiedenen Gründungsarten, die valide Vergleiche zwischen Hochschulen und Hochschultypen zulassen, liegen in Deutschland nicht vor. Eine im Auftrag der Expertenkommission erstellte Studie verwendet verschiedene methodische Ansätze, um akademische Gründungen zu identifizieren.<sup>332</sup>

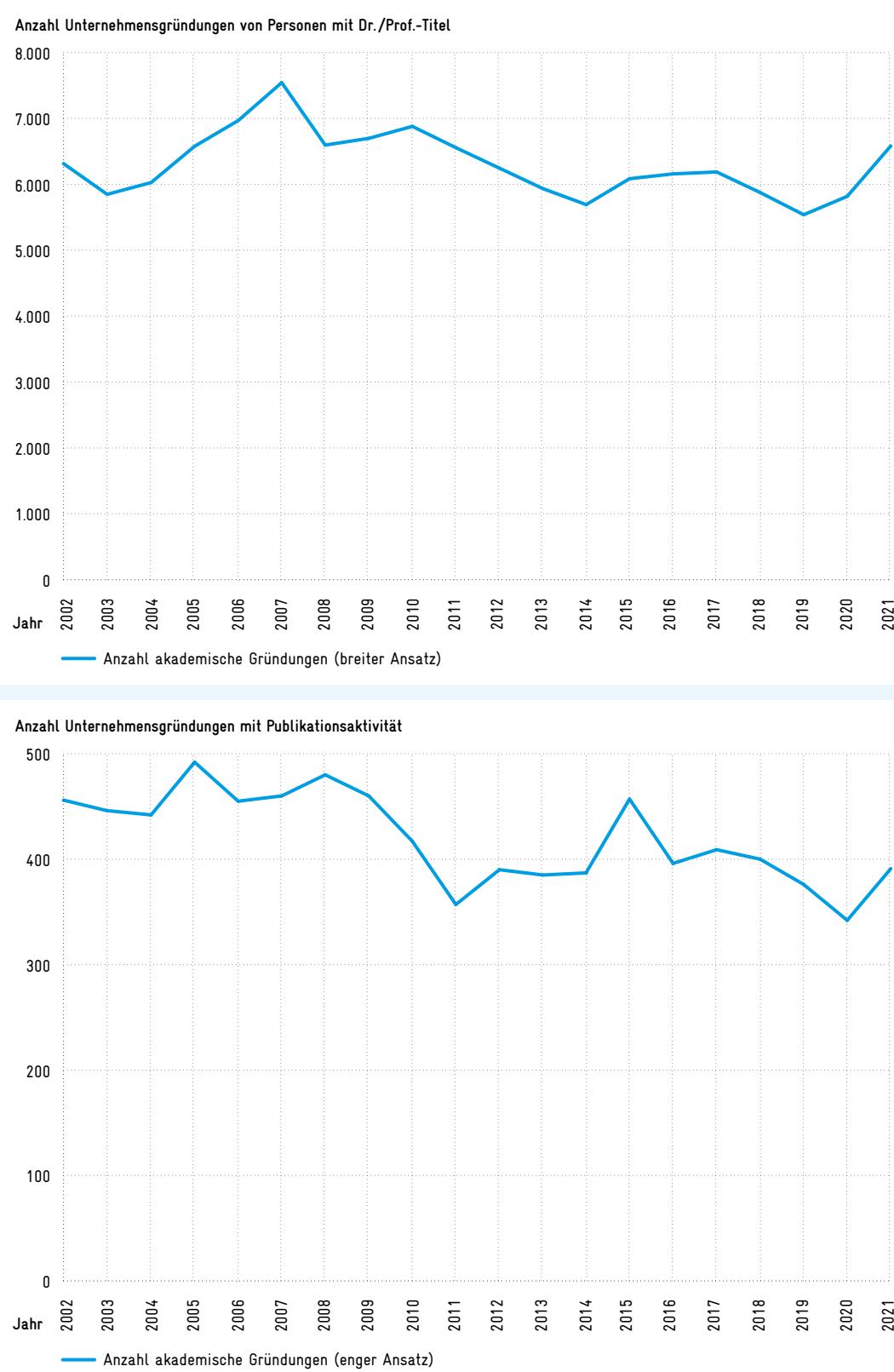
In einem breiten Ansatz wurden Professorinnen und Professoren sowie Promovierte unter den Unternehmensgründerinnen und -gründern identifiziert. Diesem Ansatz zufolge gab es zwischen 2002 und 2021 pro Jahr ca. 6.000 bis 7.000 akademische Gründungen, wobei die Gründungsaktivität seit 2007 tendenziell zurückgegangen ist (vgl. Abbildung B 2-5 oben). Zu berücksichtigen ist allerdings, dass auch die Zahl der Unternehmensgründungen insgesamt in diesem Zeitraum rückläufig war. Der Anteil von akademischen Gründungen mit mindestens einer Gründerin lag im gesamten Zeitraum konstant bei rund 35 Prozent und damit über dem Frauenanteil am gesamten Gründungsgeschehen. Etwa 70 Prozent der Unternehmen siedelten sich in einem Umkreis von zehn Kilometern um die Hochschule an.

In einem engeren Ansatz wird explizit auf den Forschungsbezug einer Gründung abgezielt. Hierzu werden publizierende Unternehmen identifiziert, also solche, deren Gründerinnen und Gründer oder Beschäftigte Arbeiten in wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlichen.<sup>333</sup> Da nicht alle wissenschaftsbasierten Unternehmen publizieren, dürfte dieser Ansatz die Zahl der forschungsnahen Gründungen tendenziell unterschätzen. Abbildung B 2-5 unten zeigt die Anzahl der auf diese Weise identifizierten Gründungen im Zeitverlauf. Zwischen 2008 und 2011 ist ein deutlicher Rückgang erkennbar. Seitdem schwankt die Gründungsaktivität im Bereich um ca. 350 bis 400 Gründungen pro Jahr – mit Ausnahme einer Spur im Jahr 2015.

Schließlich werden in der Studie, basierend auf der Datenbank PitchBook, solche Gründungen identifiziert, an denen sich Hochschulen und andere

**Abb. B2-5 Jährliche Anzahl von Neugründungen in Deutschland von Personen mit Dr./Prof.-Titel (oben) bzw. mit Nennung des Unternehmens als Affiliation in wissenschaftlicher Publikation (unten) 2002–2021**

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel oben: 2015 wurden in Deutschland knapp über 6.000 Unternehmen gegründet, bei denen die Gründerin oder der Gründer einen Dr.- oder Prof.-Titel angegeben haben.

Lesebeispiel unten: 2016 wurden in Deutschland rund 400 neue Unternehmen gegründet, die anhand von Autorenaffiliationen in wissenschaftlichen Publikationen innerhalb von drei Jahren nach ihrer Gründung identifiziert wurden.

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

wissenschaftliche Einrichtungen finanziell beteiligen. Die Zahl dieser Gründungen ist ausgesprochen gering; die meisten gab es im Jahr 2015 mit ca. 30.

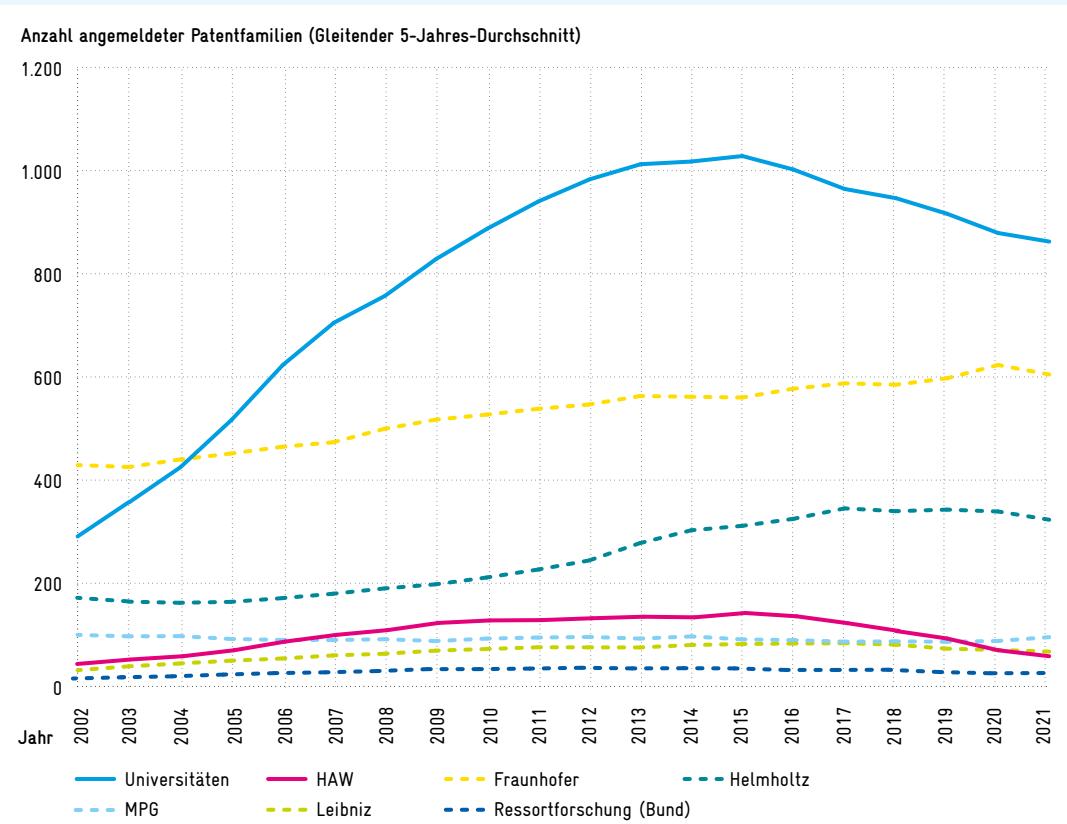
### Universitäten bei akademischen Patentanmeldungen dominierend

Seit einer Reform im Jahr 2002 liegen die Eigentumsrechte für an Hochschulen entstandene forschungsbasierte Technologien zunächst bei der jeweiligen Hochschule.<sup>334</sup> Daher beruht die kommerzielle Verwertung von Forschungsergebnissen durch akademische Gründungen oder etablierte Unternehmen zumeist darauf, dass patentierte Technologien von den Hochschulen lizenziert oder die Patente gekauft werden. Patentanmeldungen sind somit eine bedeutende Grundlage für den Technologietransfer. Europaweit entfiel zwischen 2000 und 2020 rund ein Viertel aller am Europäischen Patentamt angemeldeten Erfindungen mit Hochschulbeteiligung auf deutsche Hochschulen.<sup>335</sup>

Eine von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Studie hat die Patentaktivitäten deutscher

Hochschulen untersucht. Abbildung B 2-6 zeigt die Entwicklung der von Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen in Deutschland angemeldeten Patentfamilien im Zeitverlauf.<sup>336</sup> Universitäten verzeichneten in den vergangenen zwanzig Jahren im Vergleich zu anderen Forschungseinrichtungen die höchste absolute Zahl an Patentanmeldungen, allerdings mit einem deutlichen Rückgang seit 2015.<sup>337</sup> Insgesamt liegen die Hochschulen am aktuellen Rand der Daten auf einem ähnlichen Niveau wie die großen AUF zusammen. Dabei liegt die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen der Universitäten mit über 860 ca. 17-mal so hoch wie die der HAW mit knapp 50. Über den gesamten Zeitraum hinweg verzeichnet die Technische Universität Dresden mit insgesamt ca. 1.600 die höchste Zahl an Patentanmeldungen von allen Hochschulen, gefolgt vom Karlsruher Institut für Technologie und der Universität Erlangen-Nürnberg (vgl. Tabelle B 2-7). Der Gender-Gap bei den Patentanmeldungen der deutschen Hochschulen hat sich zwar leicht verringert, ist aber weiterhin deutlich stärker ausgeprägt als in anderen OECD- und EU-Ländern.<sup>338</sup>

**Abb. B 2-6** Jährliche Patentanmeldungen von Universitäten, HAW und AUF 2002–2021



Lesebeispiel: 2008 bis 2012 haben deutsche Universitäten durchschnittlich jährlich 887 Patentfamilien angemeldet.

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

**Tab. B 2-7 Rangfolge der zehn deutschen Hochschulen mit den meisten Patentanmeldungen 2002–2022**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Technische Universität Dresden                    | 6. Universität Stuttgart                 |
| 2. Karlsruher Institut für Technologie               | 7. Technische Universität Berlin         |
| 3. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg | 8. Technische Universität Darmstadt      |
| 4. Technische Universität München                    | 9. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg |
| 5. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg               | 10. Friedrich-Schiller-Universität Jena  |

Anmerkung: Die Tabelle zeigt die zehn deutschen Hochschulen mit der höchsten Anzahl an Patentanmeldungen im Zeitraum 2002–2022 (vgl. Hottenrott & Scharper 2026). Patentanmeldungen sind auf Ebene der Patentfamilie (DOCDB) konsolidiert. Die Zuordnung von Patentfamilien zu Hochschulen erfolgt auf Grundlage der PSN-Anmeldernamenskonsolidierung in PATSTAT. Als Zeitpunkt der Patentanmeldung wird das internationale Prioritätsjahr betrachtet.

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

Mit den von den Hochschulen selbst angemelde-ten Patenten liegt diesen Auswertungen eine ver-gleichsweise enge Definition akademischer Patente zugrunde. Patente, in denen Hochschulangehörige als Erfinderinnen oder Erfinder genannt sind, die jedoch nicht von den Hochschulen selbst ange-meldet wurden, bleiben unberücksichtigt. Somit wird beispielsweise die Anzahl der Erfindungen unterschätzt, die gemeinsam mit Kooperations-partnern in der Industrie entstanden sind. Eine Studie von 2024 auf Grundlage von Anmeldungen beim Europäischen Patentamt berücksichtigt auch diese „indirekten“ Beiträge der Hochschulen zum Patentaufkommen. Sie zeigt für Deutschland im Zeitraum 2010 bis 2019 einen leichten Rückgang der so definierten akademischen Patente gegenüber dem Zeitraum 2000 bis 2009.<sup>339</sup>

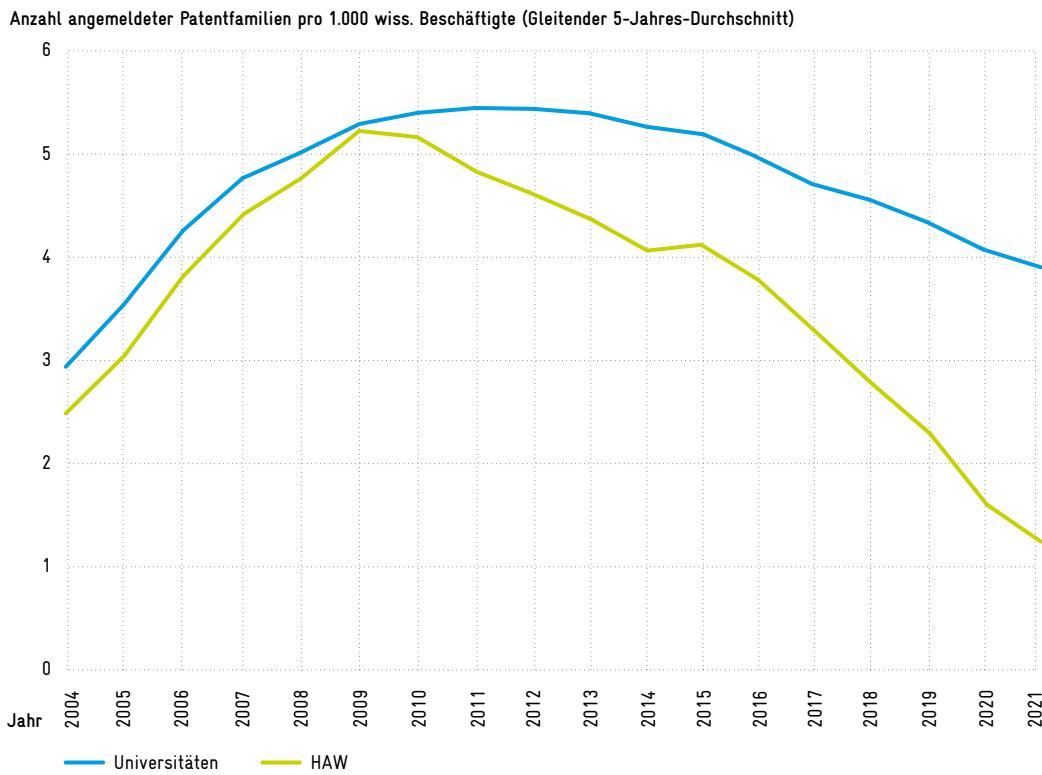
Die von der Expertenkommission in Auftrag gege-bene Studie untersucht weitere Muster und Ent-wicklungen bei den Patentanmeldungen der Hoch-schulen. Bei der Anzahl der Patentanmeldungen im Verhältnis zum wissenschaftlichen Personal ist bei Universitäten und HAW bis 2009 ein ähnlicher – und aufgrund der Reform von 2002 erwartbarer – Anstieg der Patentanmeldungen zu beobachten (vgl. Abbildung B 2-8). Seit 2010 sinkt die Zahl der Anmeldungen bei den HAW stärker als bei den Uni-versitäten. Am Ende des Beobachtungszeitraums melden Universitäten pro Kopf etwa dreimal so viele Patente an wie HAW. Weiterführende Analy-sen zeigen zudem, dass Patente von Universitäten, gemessen an den jeweiligen Patentzitierungen, durchschnittlich eine höhere technisch-erfinde-ri-sche Qualität aufweisen als Patente von HAW.<sup>340</sup>

Universitäten verzeichnen einen deutlich höheren Anteil an Ko-Patentanmeldungen mit Unterneh-men als HAW (vgl. Abbildung B 2-9). Insbesondere seit 2015 hat sich der Anteil der Unternehmensko-operationen bei Patentanmeldungen der HAW wei-ter verringert. Er liegt seither bei knapp 11 Prozent, während er bei Universitäten relativ konstant bei ca. 20 Prozent liegt.

Weiterführende Auswertungen zeigen, dass der Anteil internationaler Ko-Patentanmeldungen bei den Universitäten ungefähr doppelt so hoch ist wie bei den HAW, jedoch bei beiden Hochschulty-pen zwischen 2012 und 2016 rapide gesunken ist. Dieser Trend ist auch in der Subgruppe der Exzel-lenzuniversitäten zu beobachten. Für den Technolo-gietransfer ist dieser Rückgang besonders kritisch, da der Kontakt zu und Austausch mit Akteuren im Bereich der internationalen Spitzenforschung für die Leistungsfähigkeit eines F&I-Standorts von gro-ßer Bedeutung sein können.<sup>341</sup>

Eine mögliche Erklärung für die Dominanz der Universitäten gegenüber den HAW bei den ange-meldeten Patenten liegt in der Bedeutung von Forschungsgebieten der „anwendungsorientierten Grundlagenforschung“ für den Technologietrans-fer. In diesen Forschungsgebieten, die wichtige Teile der Natur- und Ingenieurwissenschaften umfassen, geht mit dem Erkenntnisgewinn häufig bereits die potenzielle Anwendung einher. Nicht selten ist dasselbe wissenschaftliche Ergebnis Grundlage sowohl von Publikationen als auch von Patenten. Viele grundlegende technologische Neuerungen wie etwa der Transistor, der Laser oder auch die mRNA-Impfstoffe haben ihren Ursprung in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung, in

**Abb. B 2-8** Jährliche Patentanmeldungen von Universitäten und HAW pro 1.000 wissenschaftlich Beschäftigte 2004–2021



Lesebeispiel: 2008 bis 2012 haben deutsche Universitäten durchschnittlich jährlich 5,4 Patentfamilien pro 1.000 wissenschaftlich Beschäftigte angemeldet.

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

der neben Hochschulen und AUF auch Unternehmen aktiv sind.

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ihre Ergebnisse publizieren und patentieren, sowohl Beiträge mit höherem wissenschaftlichen Neuheitsgehalt leisten als auch stärkeren Einfluss auf ihr Forschungsgebiet haben, als diejenigen, die nur publizieren oder nur patentieren.<sup>342</sup> Laut einer Untersuchung des französischen CIFRE-Programms (Convention Industrielle de Formation par la Recherche), das Unternehmen in die Betreuung Promovierender einbindet, ist eine Ausrichtung auf die anwendungsorientierte Grundlagenforschung auch bei Promovierenden mit erhöhtem Publikations- und Patentoutput verbunden.<sup>343</sup>

Die Ergebnisse zu den Patentaktivitäten von Universitäten und HAW deuten auf unterschiedliche

Rollen der beiden Hochschultypen beim Wissens- und Technologietransfer hin. Sie stellen die Bedeutung der HAW für den Wissens- und Technologietransfer nicht in Frage. HAW können – etwa durch Auftrags- und Kooperationsforschung, Abschlussarbeiten mit Praxispartnern, informellen Wissensaustausch, gemeinsame Nutzung von Forschungsinfrastrukturen und die Mitarbeit in externen Gremien oder Beratungstätigkeiten<sup>344</sup> – relevante Beiträge dazu leisten, Forschungsergebnisse in die Anwendung zu bringen. Insbesondere in regionalen Innovationsökosystemen kann ihnen eine zentrale Funktion zukommen.

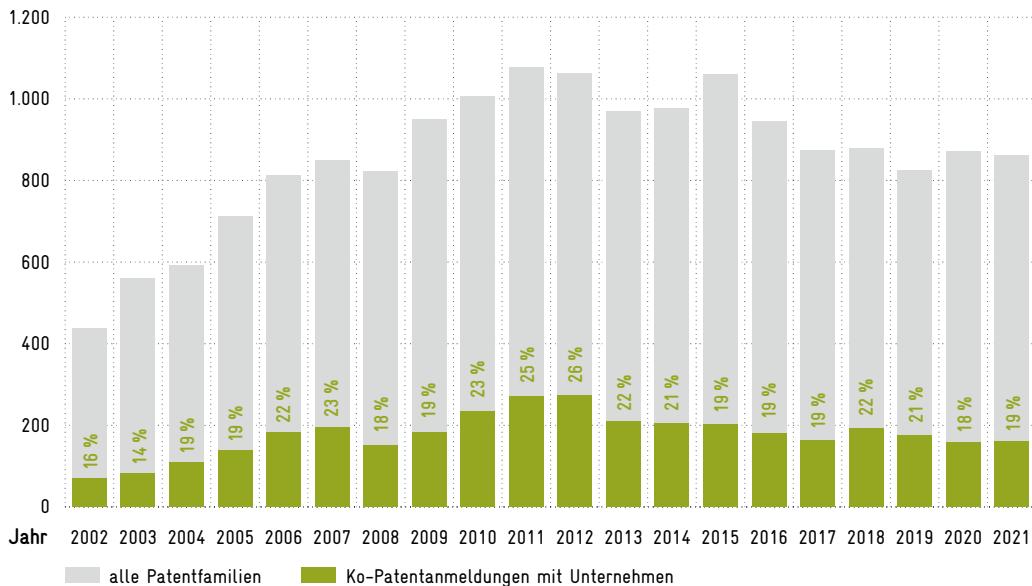
#### Deutsche Forschung relevanter für weltweite Innovationen geworden

Unternehmensgründungen durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie die Verwertung patentierter Hochschulerfindungen auf Basis des

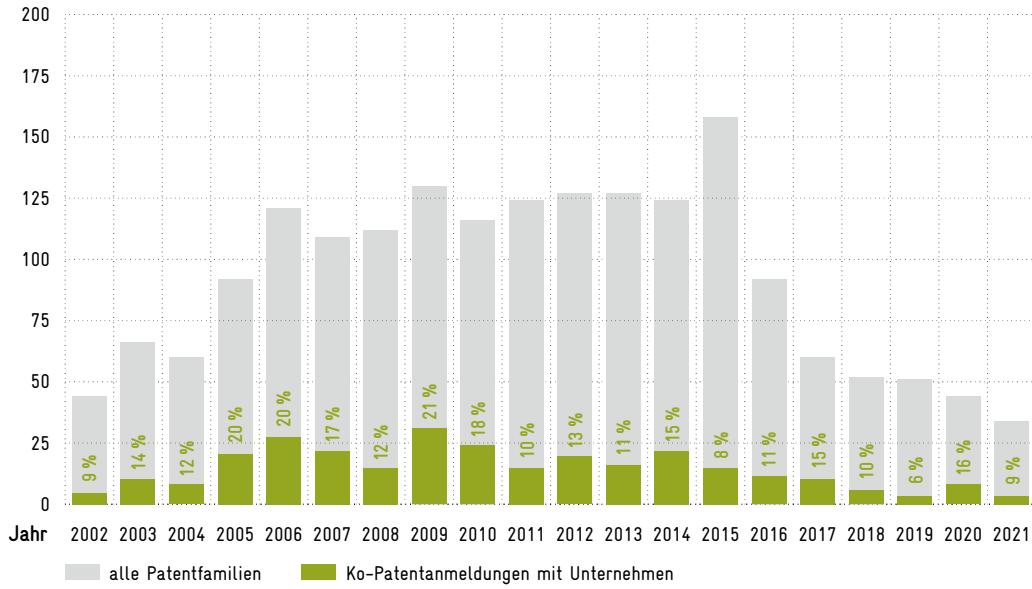
**Abb. B 2-9 Entwicklung des Anteils der Ko-Patente mit Unternehmen an den jährlichen Patentanmeldungen von Universitäten und HAW 2002–2021**

 [Download der Abbildung und Daten](#)

Anzahl angemeldeter Patentfamilien an Universitäten



Anzahl angemeldeter Patentfamilien an HAW



Lesebeispiele: 2011 wurde jedes vierte Patent, das von einer deutschen Universität angemeldet wurde, gemeinsam mit Unternehmen angemeldet (25 Prozent). Bei den HAW war es im selben Jahr nur jedes zehnte (10 Prozent).

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

IP-Transfers an etablierte Unternehmen sind nicht die alleinigen Wege, über die Forschungsergebnisse in die kommerzielle Anwendung gelangen. Auch die Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse in Publikationen, auf Konferenzen oder durch die Beschäftigung von akademisch ausgebildeten Per-

sonen ermöglichen es Unternehmen, Forschungsergebnisse aufzugreifen und in eigene FuE-Aktivitäten zu integrieren oder als Ausgangspunkt neuer FuE-Projekte zu nutzen.<sup>345</sup> Räumliche Nähe zwischen Hochschulen und Unternehmen erleichtert derartige Wissensflüsse.<sup>346</sup>

Wenn diese FuE-Aktivitäten selbst zu Patentanmeldungen führen, sind die Patentanmelder zur Offenlegung ihrer Wissensquellen in den Patentschriften verpflichtet. Daher machen Patentanmeldungen mit ihren Verweisen auf den „Stand der Technik“ einen Teil der Wissensflüsse von der Wissenschaft in die industrielle Anwendung sichtbar.<sup>347</sup> Insbesondere Zitationen wissenschaftlicher Artikel in Patentschriften sind als Indikator dafür nutzbar, in welchem Maß Forschungsergebnisse aus Hochschulen als Grundlage technologischer Erfindungen dienen.<sup>348</sup>

Eine von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Studie untersucht, wie häufig an deutschen Hochschulen verfasste wissenschaftliche Publikationen in Patentschriften zitiert werden, und setzt dies in Relation zu anderen führenden Wissenschaftsnationen. Die Studie gibt damit Hinweise auf Ausmaß und Entwicklung der häufig konstatierten Transferschwäche des deutschen F&I-Systems.<sup>349</sup> In der öffentlichen Debatte wird, gerade im Vergleich zu den USA, eine geringere Fähigkeit Deutschlands beklagt, wissenschaftliche Erkenntnisse erfolgreich in Innovationen zu transferieren. Auch frühere Analysen der Expertenkommission für einzelne Sektoren und Technologiefelder zeigen, dass Deutschland bei der anhand des Publikationsaufkommen gemessenen wissenschaftlichen Leistung im internationalen Vergleich besser abschneidet als bei Patentanmeldungen, die zum Ausgangspunkt erfolgreicher Innovation werden können.<sup>350</sup>

In der Studie wird ein zweistufiger Ansatz genutzt. In einem ersten Schritt wird untersucht, in welchem Umfang publizierte Forschungsergebnisse deutscher Hochschulen grundsätzlich für patentierte Erfindungen relevant sind – unabhängig davon, ob daraus tatsächlich Patentanmeldungen hervorgegangen sind und ob die Autorinnen und Autoren selbst an der Patentierung beteiligt waren. Hierzu wird für wissenschaftliche Aufsätze, deren Autorinnen und Autoren an deutschen Hochschulen tätig sind, ein Näherungsmaß für die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass die Publikation in einem zukünftigen Patent zitiert wird. Dieser Wert wird in der Studie als Erfindungspotenzial bezeichnet. Grundlage hierfür sind die durchschnittlichen Zitationswerte aller Publikationen in der jeweiligen Fachzeitschrift und dem jeweiligen Veröffentlichungsjahr.

Die Methode beruht damit auf der Annahme, dass sich das Erfindungspotenzial zwischen verschiede-

nen Zeitschriften unterscheidet, innerhalb einer Zeitschrift und eines Jahrgangs jedoch im Mittel vergleichbar ist. Datengrundlage ist die OpenAlex-Datenbank mit rund 54 Millionen wissenschaftlichen Publikationen. Für die Zwecke dieser Studie wird dabei eingegrenzt auf wissenschaftliche Fachartikel aus den Natur- und exakten Wissenschaften, d.h. Erkenntnisse, die aufgrund ihres Fächerhintergrunds zumindest eine gewisse Affinität haben, in patentfähige Erfindungen einzufließen.<sup>351</sup> Diese Daten werden mit dem Patent-Citations-to-Science-Datensatz<sup>352</sup> sowie anschließend mit der PATSTAT-Datenbank des Europäischen Patentamts verknüpft.<sup>353</sup>

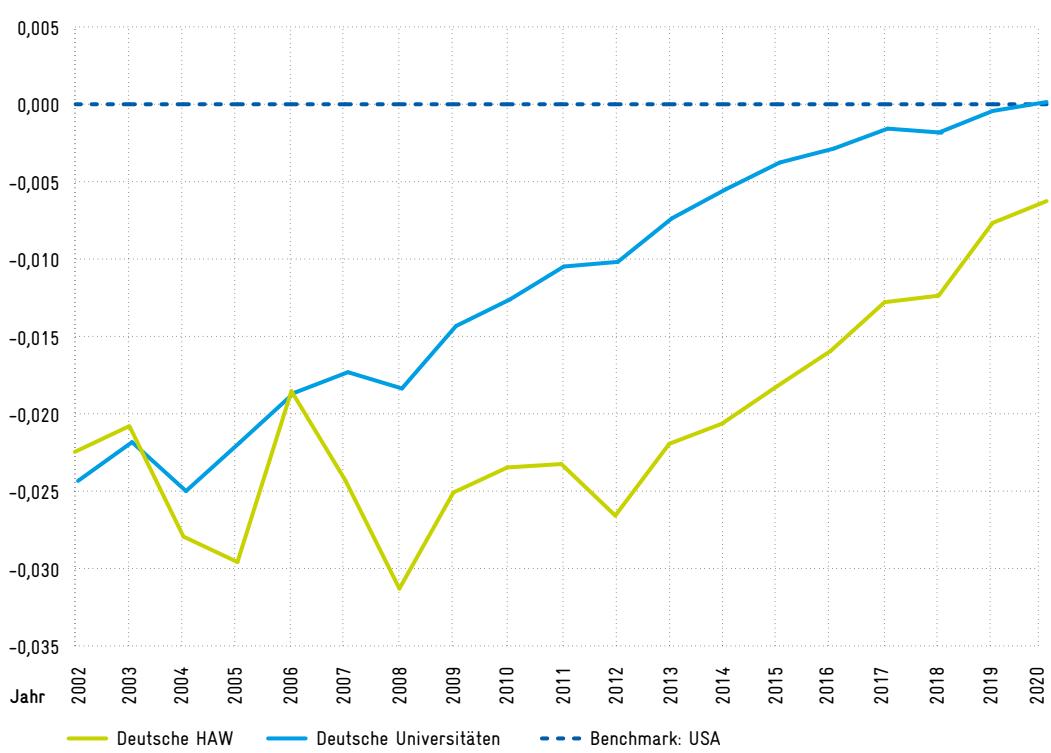
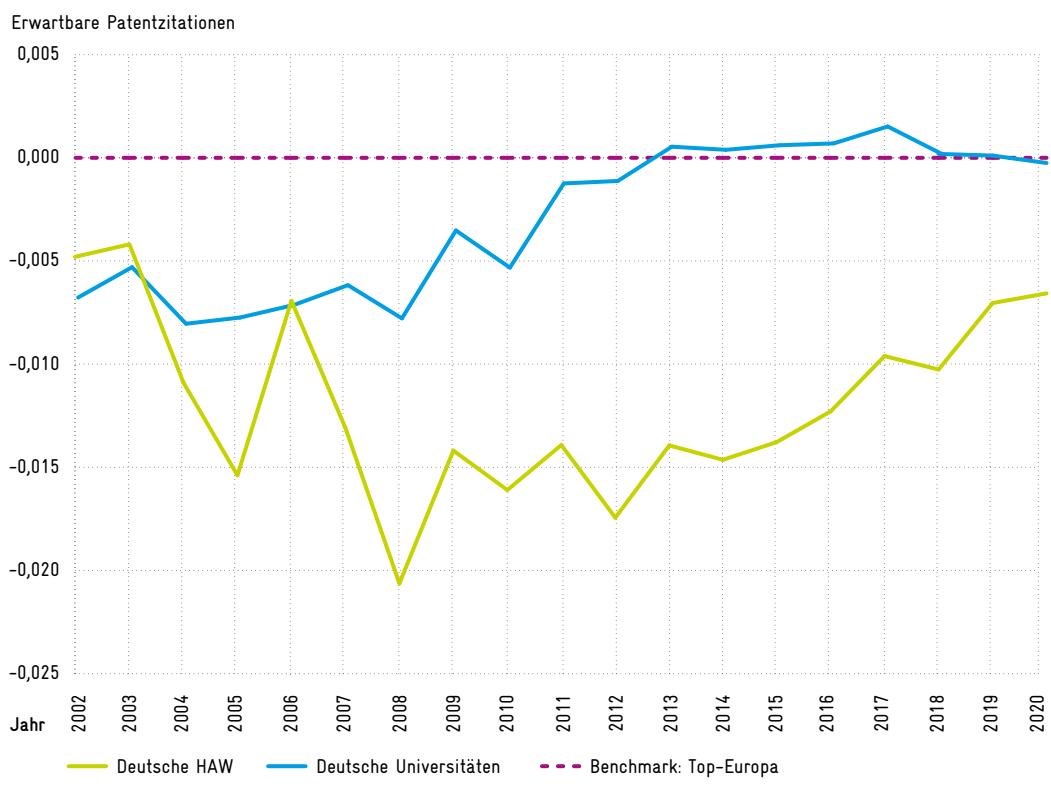
Abbildung B 2-10 zeigt, dass deutsche Universitäten in den vergangenen zwei Jahrzehnten beim Erfindungspotenzial ihrer wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu den Hochschulen in europäischen Spitzengländern (oben) und zu US-Universitäten (unten) aufgeschlossen haben.<sup>354</sup> Während eine deutsche Publikation Anfang der 2000er Jahre noch ein rund 20 Prozent niedrigeres Erfindungspotenzial hatte als eine vergleichbare US-Publikation, ist dieser Unterschied heute verschwunden. Auch die HAW haben den Abstand zu den Vergleichsländern verringert. Sie liegen jedoch – sowohl hinsichtlich der Zahl der Publikationen als auch hinsichtlich ihres Erfindungspotenzials – auf einem insgesamt niedrigeren Niveau als die Universitäten.

In einem zweiten Schritt untersucht die Studie, in welchem Ausmaß das im ersten Schritt abgeschätzte Erfindungspotenzial der Forschung an deutschen Hochschulen ausgeschöpft wird, also inwiefern die wissenschaftlichen Publikationen tatsächlich ihren Weg in Patente finden. Dazu analysiert das Autorenteam mittels eines Regressionsverfahrens, wie viele Patentzitationen Publikationen zwei Jahre nach Veröffentlichung durchschnittlich erhalten haben – stets relativ zu den im ersten Schritt ermittelten Erwartungswerten.<sup>355</sup>

Abbildung B 2-11 oben zeigt, dass Publikationen von deutschen Hochschulen ähnlich häufig in Patenten zitiert werden wie vergleichbare Publikationen von Hochschulen in führenden europäischen Forschungsnationen. Anfang der 2000er Jahre wurde das Erfindungspotenzial deutscher Publikationen sogar überdurchschnittlich erfolgreich realisiert. Im Vergleich zu Publikationen aus den USA zeigt sich allerdings ein deutlich anderes Bild: Aus deutschen Hochschulen stammende Publikationen wurden in

**Abb. B2-10** Jährlicher Unterschied im durchschnittlichen Erfindungspotenzial einer wissenschaftlichen Publikation einer deutschen Hochschule im Vergleich zu Hochschulen in einem europäischen Spitzenland (oben) und in den USA (unten) 2002–2020

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: 2012 hatten wissenschaftliche Publikationen mit Beteiligung einer deutschen Universität im Erwartungswert 0,01 Zitationen weniger in später angemeldeten Patenten als Publikationen mit Beteiligung einer US-Hochschule.

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

der Vergangenheit deutlich seltener in Patentschriften zitiert als vergleichbare US-Publikationen. Seit 2014 hat sich dieser Abstand jedoch signifikant verringert (vgl. Abbildung B 2-11 unten).<sup>356</sup>

In Tabelle B 2-12 sind die zehn Einrichtungen in Deutschland aufgeführt, an denen zwischen 2002 und 2022 die meisten Publikationen mit nachfolgender Zitation in Patenten entstanden sind. Die Rangliste wird von der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg angeführt, gefolgt von der Ludwig-Maximilians-Universität München und der Charité – Universitätsmedizin Berlin – allesamt Einrichtungen, die für exzellente Forschung bekannt sind.

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass in Deutschland zwar tatsächlich eine Transferschwäche beim Verwerten wissenschaftlicher Erkenntnisse als Innovationsgrundlage besteht, diese jedoch im Zeitverlauf im Vergleich zu den USA abnimmt. Diese positive Entwicklung könnte zum einen darauf zurückzuführen sein, dass Publikationen aus Deutschland über die Zeit häufiger in Fachzeitschriften erscheinen, die für das Innovationsgeschehen in der Wirtschaft besonders relevant sind, und zum anderen darauf, dass das vorhandene Erfindungspotenzial deutscher Hochschulen zunehmend in Produkt- und Prozessentwicklungen umgesetzt wird.

Für das deutsche F&I-System ist es von erheblicher Bedeutung, ob deutsche wissenschaftliche Publikationen vornehmlich in Patenten zitiert werden, deren Anmelder in Deutschland oder im Ausland ansässig sind. Weitergehende Auswertungen zeigen, dass beispielsweise in den Technologiefeldern Biotechnologie, Maschinenbau sowie Luft- und Raumfahrt rund 70 Prozent der Patentzitierungen deutscher Publikationen auf Patente entfallen, die von Anmeldern außerhalb Deutschlands stammen. Im Bereich KI liegt dieser Anteil sogar bei etwa 90 Prozent.<sup>357</sup> Dies deutet darauf hin, dass auch die mit den Forschungsergebnissen verbundenen wirtschaftlichen Erträge zu einem wesentlichen Teil außerhalb Deutschlands anfallen. In vergleichbaren europäischen Ländern wie Frankreich und dem Vereinigten Königreich sind diese Anteile tendenziell noch höher. In den USA fallen sie hingegen deutlich geringer aus, was sich wohl zum Teil, aber vermutlich nicht vollständig, durch die Größenunterschiede zwischen den Ländern erklären lässt.

### Innovationspotenzial bei exzellenter Forschung besonders hoch

Eine Reihe von Studien deutet darauf hin, dass Forschungsergebnisse mit höherer wissenschaftlicher Qualität und einem höheren Grad an Neuheit – beides angenähert durch bibliometrische Kennzahlen – stärkeren Einfluss auf technologische Entwicklungen haben als Forschungsergebnisse mit geringerer wissenschaftlicher Qualität und geringerem Neuheitsgrad. Exzellente Forschung hat demnach ein höheres Potenzial, in Innovationen überführt zu werden.<sup>358</sup> Die obigen Beobachtungen, dass forschungsstarke Universitäten die Rangliste bei den Patentanmeldungen und den in Patenten zitierten Publikationen anführen, sind mit diesen Ergebnissen konsistent. Auch dass sich die Transferdefizite von deutschen Hochschulen verglichen mit US-Hochschulen in den letzten Jahren verringert haben, könnte teilweise mit einer gestiegenen wissenschaftlichen Qualität der deutschen Forschung im internationalen Vergleich erklärbar sein.<sup>359</sup>

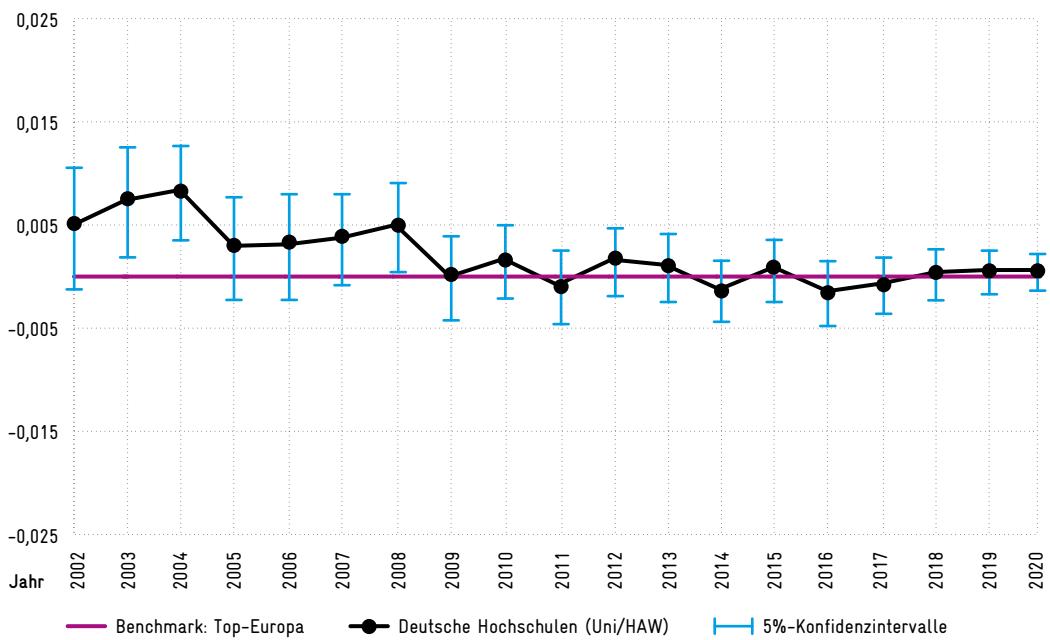
Auf individueller Ebene findet sich ebenfalls ein positiver Zusammenhang zwischen wissenschaftlicher Exzellenz und Innovationsbeiträgen: Forscherinnen und Forscher, deren wissenschaftliche Arbeiten als besonders innovativ und richtungsweisend gelten, leisten häufig auch im Bereich technologischer Erfindungen überdurchschnittliche Beiträge.<sup>360</sup> Ihre forschungsbasierten Erfindungen werden häufiger in Patenten zitiert, finden breitere Anwendung und entfalten stärkeren Einfluss innerhalb und außerhalb der beteiligten Unternehmen. Dies deutet darauf hin, dass herausragende Forschung ein deutlich höheres Potenzial für technologische Durchbrüche besitzt als wissenschaftliche Arbeiten durchschnittlicher Qualität.<sup>361</sup>

Bei akademischen Ausgründungen zeigt sich ein ähnliches Muster: Hohe wissenschaftliche Qualität geht mit hohen Erfolgschancen neu gegründeter Unternehmen einher.<sup>362</sup> Eine aktuelle Auswertung zeigt, dass die wertvollsten Ausgründungen in Europa auf Spitzenuniversitäten wie Oxford, Cambridge oder die ETH Zürich zurückgehen. Auf Platz fünf in dieser Auswertung findet sich als einzige deutsche Top-Ten-Universität die Technische Universität München.<sup>363</sup> In einer Untersuchung der durchschnittlichen Qualität von Unternehmensgründungen in deutschen Regionen sind es führende Forschungsstandorte wie München, Bonn

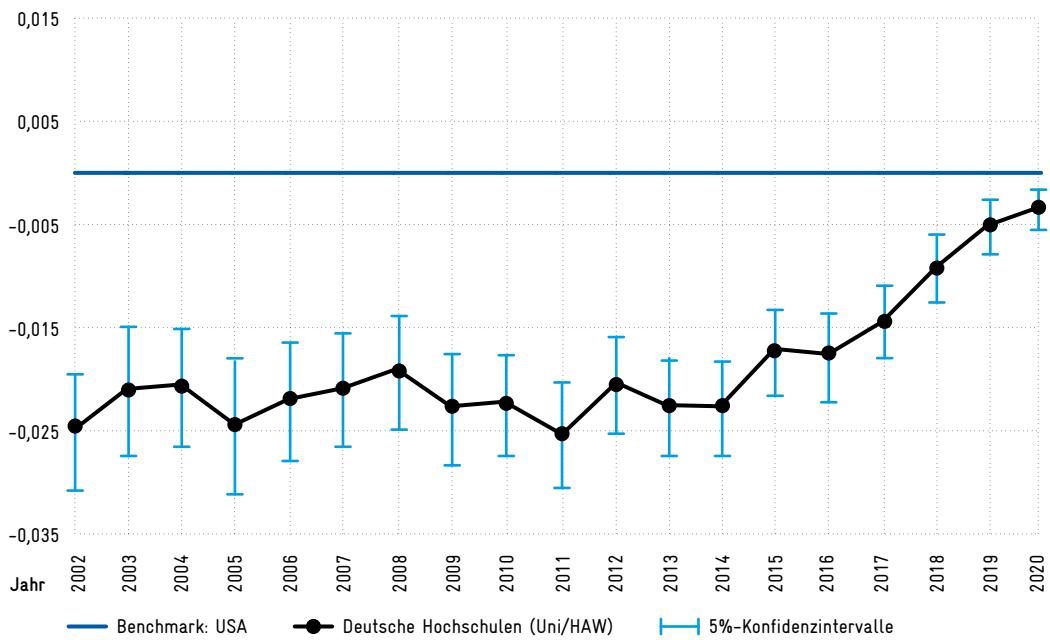
**Abb. B2-11 Geschätzter Unterschied im realisierten Erfindungspotenzial zwischen einer wissenschaftlichen Publikation aus Deutschland und einer Publikation aus einer führenden europäischen Forschungsnation (oben) bzw. den USA (unten) 2002–2020**

 [Download der Abbildung und Daten](#)

Tatsächliche Zitationen in Patenten (Geschätzte jährliche Differenz zu Top-Europa, kontrolliert für Fachzeitschrift x Jahr)



Tatsächliche Zitationen in Patenten (Geschätzte jährliche Differenz zu den USA, kontrolliert für Fachzeitschrift x Jahr)



Lesebeispiel oben: Der Schätzung zufolge erhielten 2004 wissenschaftliche Publikationen mit Beteiligung einer deutschen Hochschule 0,008 Zitationen mehr in später angemeldeten Patenten als Publikationen mit Beteiligung einer Hochschule aus einer führenden europäischen Forschungsnation in derselben Fachzeitschrift.

Lesebeispiel unten: Der Schätzung zufolge erhielten 2005 wissenschaftliche Publikationen mit Beteiligung einer deutschen Hochschule 0,025 Zitationen weniger in später angemeldeten Patenten als Publikationen mit Beteiligung einer US-Hochschule in derselben Fachzeitschrift.

Quelle: Hottenrott und Schaper (2026).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.



### Tab. B 2-12 Rangfolge der zehn deutschen Hochschulen mit den meisten in Patentschriften zitierten wissenschaftlichen Publikationen 2002–2022

- |  |   |
|--|---|
| 11. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg        | 16. Eberhard-Karls-Universität Tübingen               |
| 12. Ludwig-Maximilians-Universität München       | 17. Universitätsklinikum Heidelberg                   |
| 13. Charité – Universitätsmedizin Berlin         | 18. Universität Hamburg                               |
| 14. Technische Universität München               | 19. Johannes Gutenberg-Universität Mainz              |
| 15. Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt | 20. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg |

Quelle: Hotzenrott und Schaper (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

und Heidelberg, in denen Gründungen mit einer besonders hohen unternehmerischen Qualität anzutreffen sind.<sup>364</sup> Dies unterstreicht die Rolle von Universitäten und spezialisierten Forschungseinrichtungen als Anker für erfolgreiche Gründungsaktivitäten. Studien, die den Einfluss von Exzellenzfördermaßnahmen auf das Innovationsgeschehen

untersucht haben, zeigen zudem erhebliche Spillover-Effekte auf die Innovationsaktivitäten von Unternehmen und damit auf die Relevanz von regionalen F&I-Ökosystemen. Offenbar profitieren Unternehmen in Regionen, in denen es viele Exzellenzcluster gibt, über regionale Wissensflüsse von der Exzellenzförderung.<sup>365</sup>

### Box B 2-13 Wichtige Förderprogramme für den Technologietransfer in Deutschland

**EXIST: Gründungsförderung aus der Wissenschaft**  
EXIST fördert seit 1998 die unternehmerische Selbstständigkeit an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF). Das Programm des heutigen Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) unterstützt technologieorientierte Unternehmensgründungen aus der Wissenschaft und umfasst vier Förderlinien: Das EXIST-Gründerstipendium unterstützt Teams von ein bis drei Personen (Studierende, Absolventinnen und Absolventen, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler) mit monatlichen Stipendien von 1.000–3.000 Euro sowie mit Sach- und Coachingmitteln für zwölf Monate. Jährlich werden ca. 200 bis 250 Gründungsprojekte gefördert. Der EXIST-Forschungstransfer fördert risikoreiche Hightech-Gründungen von Forschungsteams mit bis zu 430.000 Euro (Phase I: bis 250.000 Euro, Phase II: bis 180.000 Euro) über maximal 4,5 Jahre (Phase I: bis drei Jahre, Phase II: bis 1,5 Jahre). Exist Women fördert Teams aus Gründerinnen mit technologieorientierten Gründungsideen. Evaluierungen belegen die positive Wirkung auf die Gründungswahrscheinlichkeit.<sup>366</sup>

Im Leuchtturmwettbewerb „Startup Factories“ wurden 2025 zehn Projekte zur Förderung ausgewählt. Die Startup Factories sind als Public-Private-Partnerships angelegt: Sie sollen perspektivisch mindestens die Hälfte ihres Budgets aus privaten Mitteln (z.B. von Unternehmen, Investoren, Stiftungen) finanzieren und werden von der Privatwirtschaft mitgetragen. Damit dient die EXIST-Förderung auch als Hebel, um zusätzliches privates Kapital für Gründungsökosysteme zu mobilisieren.<sup>367</sup>

#### WIPANO: Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen

Das Programm WIPANO richtet sich an Hochschulen, AUF und KMU. Hochschulen und AUF erhalten als Teil des Programms eine Bezahlung der Kosten für Patentberatung und -anmeldung sowie für die Entwicklung von Verwertungsstrategien. KMU können zur Vorbereitung ihrer Patentanmeldung Unterstützung für Recherchen zum Stand der Technik erhalten und werden bei der Entwicklung von Normen und Standards unterstützt.<sup>368</sup> Die Evaluation zeigt, dass WIPANO aus Sicht der geförderten Hochschulen einen deutlichen Beitrag zur Kostendeckung in der Patentierung/Verwertung leistet.<sup>369</sup>

## Systematische Hemmnisse beim Technologietransfer

Obwohl der Wissenstransfer – darunter auch der Technologietransfer – inzwischen neben Forschung und Lehre formal als gleichwertige dritte Mission der Hochschulen verankert ist, wird er vielerorts bislang nicht mit dem gleichen Nachdruck vorangetrieben und gefördert. Transferaktivitäten werden häufig noch als Zusatzaufgabe verstanden, und es fehlt oftmals an klaren strategischen Bekenntnissen der Hochschulleitungen zu diesem Aufgabenbereich.

## Transferstrukturen der steigenden Bedeutung nicht gewachsen

Dem Wissenstransfer und insbesondere dem Technologietransfer werden meist deutlich weniger Ressourcen zugewiesen, als es seiner wachsenden Bedeutung angemessen wäre. Dabei gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Hochschulen – sowohl bei den eingesetzten Budgets als auch bei der institutionellen Verankerung der Transferstrukturen.<sup>370</sup>

Ähnlich wie bei der Forschung hat sich bei der Finanzierung von Transfertätigkeiten eine starke Abhängigkeit von wettbewerblich vergebenen Drittmitteln etabliert, die zumeist aus öffentlichen Quellen stammen. Damit ist die Finanzierung von Transferaktivitäten meist nicht dauerhaft gesichert, obwohl es sich um Daueraufgaben der Hochschulen handelt. Verbesserungen schaffen sollen Bundesländer-Programme wie die Initiative „Innovative Hochschule“, die insbesondere HAW und kleinere Universitäten beim langfristigen Aufbau von Transfer- und Innovationsstrukturen in ihren Regionen unterstützen.<sup>371</sup>

Auch in Berufungsverfahren, Leistungsbewertungen und Karriereanreizen spielt der Transfer gegenüber der Forschung meist nur eine untergeordnete Rolle. Dies hat zur Folge, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich beispielsweise für eine Ausgründung entscheiden, zu einem späteren Zeitpunkt häufig nur schwer in die wissenschaftliche Laufbahn zurückkehren können. Gründungsentscheidungen werden dadurch vielfach als persönliche Hochrisikoentscheidungen wahrgenommen, was das Engagement im Transferbereich zusätzlich hemmt.

## Transfer- oder Gründungsfreisemester nicht institutionalisiert

Professorinnen und Professoren an staatlichen Hochschulen sind in der Regel Landesbeamte und unterliegen den jeweils geltenden Landesbeamten gesetzen sowie den Hochschulnebentätigkeitsverordnungen.<sup>372</sup> Für sie sind unternehmerische oder wirtschaftsnahe Aktivitäten – etwa die Mitwirkung an einer Ausgründung, die Geschäftsführung eines Start-ups oder entgeltliche Beratungstätigkeiten für die Privatwirtschaft – genehmigungspflichtige Nebentätigkeiten.<sup>373</sup> Die Genehmigung ist in der Regel dann zulässig, wenn die Tätigkeit weder den Umfang der Haupttätigkeit in Forschung, Lehre und akademischer Selbstverwaltung beeinträchtigt noch mit den dienstlichen Interessen in Konflikt gerät.<sup>374</sup>

Insbesondere Gründungsaktivitäten sind in den frühen Phasen jedoch häufig mit hohem Aufwand verbunden, der den Rahmen einer Nebentätigkeit sprengt. Während Forschungsfreisemester in den Landeshochschulgesetzen sowie in hochschulinternen Richtlinien umfassend geregelt sind und meist in festgelegten Intervallen beantragt werden können, fehlen vergleichbare institutionalisierte Modelle für Transfer- oder Gründungsfreisemester weitgehend. In den meisten Ländern existieren keine entsprechenden ausdrücklichen Regelungen.<sup>375</sup> Bayern hat erst jüngst eine Sonderbestimmung für eine Freistellung im Umfang von zwei Semestern für Unternehmensgründungen geschaffen<sup>376</sup>, was die Ausgangsbedingungen für eine Gründung deutlich verbessert.

## Verhandlungen über IP-Transfer langwierig

Wesentliche Hindernisse für erfolgreichen Technologietransfer an Hochschulen sind uneinheitliche Regelungen sowie von unterschiedlichen Interessen und rechtlichen Unsicherheiten geprägte und dadurch langwierige Prozesse zur Übertragung des Eigentums an Erfindungen. Das geistige Eigentum von an Hochschulen entstandenen Ideen und Erfindungen liegt zunächst bei der Hochschule. Für Gründerinnen und Gründer ist das Eigentum der IP, insbesondere in Form von Patenten, allerdings von zentraler Bedeutung, da diese für Investoren ein wichtiges Signal technologischer Substanz und Schutzfähigkeit darstellen.<sup>377</sup>

Verhandlungen über IP finden in der Regel zwischen den Erfinderinnen und Erfindern und den zuständigen Transfer- und Rechtsabteilungen der Hochschulen statt, wobei unterschiedliche Interessenslagen die Verhandlungen prägen können. Auf der einen Seite steht die Hoffnung der Hochschulen, durch Lizenzgebühren oder den Verkauf von Schutzrechten zumindest in Einzelfällen erhebliche Einnahmen zu erzielen. Auf der anderen Seite besteht die Gefahr, dass Ausgründungen durch hohe finanzielle Forderungen der Hochschulen in frühen Phasen überfordert sind und ihre Chancen gemindert werden, Investoren zu finden.

Befragungen zeigen, dass Verhandlungen im Durchschnitt mehr als 18 Monate dauern und damit die Gründungsvorhaben erheblich verzögern können.<sup>378</sup> Das Fehlen einheitlicher Leitfäden führt zudem zu gegenseitigen Schuldzuweisungen und erschwert eine konstruktive Verhandlungsatmosphäre. Ein zentrales Problem ist, den Wert der IP zu ermitteln. Neue wissenschaftsbasierte Technologien sind hochspezifisch, und starke Informationsasymmetrien zwischen Forscherinnen und Forschern einerseits und der Verwaltung andererseits verstärken die Unsicherheit. Da viele Erfindungen in einem frühen, risikoreichen Entwicklungsstadium vorliegen, entstehen häufig sehr unterschiedliche Vorstellungen über angemessene Lizenz- oder Beteiligungslösungen.<sup>379</sup> Zusätzlich werden Verhandlungen zum IP-Transfer durch Unsicherheiten im Umgang mit dem EU-Beihilferecht erschwert. Diese führen dazu, dass Rechtsabteilungen von Hochschulen befürchten, „zu großzügige“ IP-Verträge könnten als unzulässige staatliche Beihilfe eingestuft werden.<sup>380</sup>

Die Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag standardisierte Ausgründungsverträge sowie eine „nationale IP-Strategie“ angekündigt, die „Ausgründungen in 24 Stunden“ ermöglichen soll. Konkrete Regelungen stehen noch aus, können jedoch auf existierende Ansätze zurückgreifen.<sup>381</sup> International erprobte Instrumente wie die University Spinout Investment Terms (USIT Guidelines) bieten Standards für faire und transparente Beteiligungs- und Lizenzmodelle.<sup>382</sup> Das „Darmstädter Modell“ von TU Darmstadt und SPRIND schlägt virtuelle Anteile, also eine Beteiligung ohne Stimmrechte, als Gegenleistung für IP-Überlassungen vor, um Markteintrittsbarrieren in Form von hohen Anfangszahlungen zu vermeiden und Hochschulen dennoch am späteren Erfolg zu beteiligen.<sup>383</sup> Für festgefaßte Verhandlungen kann ein Verfahren mit einer

unabhängigen Schiedsstelle nach dem Vorbild der „Baseball Arbitration“ (Pendelschlichtung) dazu beitragen, überzogene Forderungen zu verhindern und zügig verbindliche Entscheidungen herbeizuführen. Das Verfahren beruht darauf, dass beide Verhandlungsparteien in Fällen ohne Einigung innerhalb einer festgelegten Frist jeweils ein finales Angebot bei der Schiedsstelle einreichen, von denen diese eines als verbindlich auswählt.<sup>384</sup> Ein Modellversuch unter Führung der TU Berlin wird derzeit aus EXIST-Mitteln gefördert und umfasst neben einer Schiedsstelle auch eine öffentlich zugängliche Deal-datenbank, die Standardisierung und Transparenz im IP-Transfer stärken soll.<sup>385</sup>

### Weg zu Ausgründungen durch Lücken in der Förderkette erschwert

Sowohl in Deutschland als auch auf EU-Ebene existieren Förderlinien, die früh im Verwertungsprozess von Forschungsergebnissen ansetzen. Auf europäischer Ebene stellt der ERC Proof-of-Concept-Mittel für Forscherinnen und Forscher bereit, die zuvor eine ERC-Förderung erhalten haben (z. B. ERC Starting Grant). Das Instrument ist in die europäische Innovationsförderung eingebettet: Nach der erfolgreichen Validierung zentraler Elemente wie Anwendungsfall, IP-Strategie und Geschäftsmodell kann die technologische Weiterentwicklung in den Anschlussprogrammen EIC Transition oder EIC Accelerator weiter gefördert werden. So entsteht eine relativ klare und weitgehend lückenlose Förderpipeline in Richtung höherer Technologie-reifegrade.

In Deutschland erfüllen die DFG-Erkenntnistransferprojekte, einschließlich der trilateralen Projekte mit Beteiligung der Fraunhofer-Gesellschaft, eine vergleichbare Funktion. Sie sollen die gemeinsame Weiterentwicklung von Ergebnissen aus der DFG geförderten Grundlagenforschung mit einem Anwendungspartner unterstützen. Eine eigenständige Weiterentwicklung in Richtung Ausgründung ohne Anwendungspartner ist nicht förderfähig.

Im Unterschied zum kohärenten europäischen Förderersystem rund um ERC und EIC ist die deutsche Förderlandschaft in dieser Phase stärker fragmentiert. Der Übergang von der forschungsorientierten DFG-Förderung zu anwendungs- und marktorientierten Ressortprogrammen – etwa des BMFTR<sup>386</sup>, des BMWE, der Länder oder der KfW – ist nicht systematisch ausgestaltet.

Zudem bestehen bislang keine definierten Übergangsmöglichkeiten zwischen deutschen und europäischen Förderprogrammen – weder von den nationalen in europäische Förderlinien noch umgekehrt. So ist etwa die Förderung durch EIC Transition solchen Projekten vorbehalten, die bereits zuvor durch EU-Programme gefördert wurden. Diese fehlende Verzahnung erschwert kontinuierliche Entwicklungsverläufe von der Forschung bis zur erfolgreichen Ausgründung.

## B 2-4 Handlungsempfehlungen

### Allgemeine Handlungsempfehlungen

Hochschulen brauchen Handlungsspielräume, um den vielfältigen Wettbewerbsanforderungen, die an sie gestellt werden, strategisch begegnen zu können. Die Expertenkommission mahnt an, dass echte Autonomie sowie eine verlässliche und auskömmliche Finanzierung der Hochschulen die Grundpfeiler hierfür darstellen. Die Expertenkommission empfiehlt:

### Strategische Handlungsfähigkeit stärken und Profilbildung erleichtern

- Um eine stärkere strategische Handlungsfähigkeit der Hochschulen in Deutschland zu erreichen, braucht es eine Abkehr von engmaschigen politischen und administrativen Vorgaben, die in vielen Bereichen die strategische Handlungsfähigkeit der Hochschulen einschränken.
- Entscheidend für die Profilbildung und Leistungsfähigkeit von Hochschulen ist die Gewinnung von Spitzengesellschaften. Berufungsverfahren an deutschen Universitäten sollten über die bereits bestehenden Sonderregelungen für eine Berufung ohne Ausschreibung hinaus grundsätzlich reformiert und beschleunigt werden. Zudem sollten Mehrfachaffiliationen und internationale Joint Appointments leichter umsetzbar sein.
- Die Sorge vor potenziellen Befangenheiten in Berufungsverfahren darf nicht dazu führen, dass die für eine gelungene Auswahlentscheidung unentbehrliche Fachkompetenz verloren geht. Hierzu sind klare Regeln auf nationaler Ebene mit einer hinreichend eng gefassten Definition von Befangenheit erforderlich, die zu mehr Rechtssicherheit beitragen.

### Finanzierung des Hochschulsystems stärken

- Hochschulen erfüllen vielfältige Aufgaben. Ihre Finanzierung sollte daher an der Gesamtheit dieser Aufgaben und ihrer Erfüllung ausgerichtet sein und nicht überwiegend an der Entwicklung der Studierendenzahlen. Dabei sollte der Fokus auf einer weiteren Steigerung der Qualität in Forschung, Lehre und Transfer liegen.

### Leistungen der Hochschulen systematisch erfassen

- Zur Steigerung der Transparenz über die Leistungserbringung der Hochschulen in Forschung, Lehre und Transfer sowie als Ausgangsbasis für aussagekräftige Wirkungsanalysen und zukünftige Förderentscheidungen empfiehlt die Expertenkommission den Aufbau einer frei zugänglichen nationalen Datenbank, die hochschulinterne Forschungsinformationssysteme ersetzen kann. Diese sollte auf Individualebene, d. h. einzelnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zugeordnet, möglichst umfassende Informationen über die vielfältigen in Forschung, Lehre und Transfer erbrachten Leistungen beinhalten, also über eine reine Publikationsdatenbank hinausgehen. Beim Aufbau kann an bestehende Kompetenzen und Strukturen angeknüpft werden.

### Handlungsempfehlungen zum Bereich Forschung

Die konkrete Ausgestaltung und Umsetzung von Förderprogrammen im Wettbewerb um Drittmittel beeinflusst, welche Forschungsideen verfolgt werden und wie viele Kapazitäten gebunden werden, die nicht für die eigentliche Forschungstätigkeit zur Verfügung stehen. Die Expertenkommission begrüßt daher die Vereinfachung der Fördermittelvergabe im geplanten Innovationsfreiheitsgesetz. Darüber hinaus empfiehlt sie folgende Maßnahmen:

### Offenheit und Innovation in Forschungsthemen und -methoden fördern

- Ein ausreichend großer Anteil der Forschungsförderung muss themen- und methodenoffen ausgeschrieben werden, um auch neuen Ideen und unkonventionellen Projektvorhaben

Raum zu geben. Ergänzend können spezialisierte Wettbewerbe für besonders innovative Forschung zusätzliche Impulse geben.

- Bei der Ausgestaltung von Begutachtungsprozessen ist darauf zu achten, dass innovative Projektideen nicht systematisch benachteiligt werden.

### Spitzenforschungsförderung nach forschungsbezogenen Exzellenzkriterien

- Grundsätzliche Entscheidungen über die Weiterführung und ggf. zukünftige Ausgestaltung der Exzellenzstrategie sollten auf Basis der im Koalitionsvertrag angekündigten Evaluation sowie der Ergebnisse weiterer wissenschaftlicher Studien getroffen werden. Für solche Studien müssen der Forschungsgemeinschaft die dazu notwendigen umfassenden Datensätze zur Verfügung gestellt werden.
- Eine etwaige Weiterentwicklung der Exzellenzstrategie muss für einen deutlich geringeren Personal- und Ressourcenaufwand bei Antragstellung und Administration sorgen.
- Unabhängig von der Entscheidung für ein konkretes Förderformat hält die Expertenkommission eine Förderung exzellenter Spitzenforschung, die auch Verbünden von Hochschulen und AUF im jeweiligen Themenfeld offensteht, weiterhin für geboten. Förderentscheidungen sollten ausschließlich nach forschungsbezogenen Exzellenzkriterien getroffen werden.

### Vergabe und Administration öffentlicher Forschungsdrittmittel zügig agiler ausgestalten

- Die Antragsverfahren für die Fördermittelvergabe des Bundes sollten verschlankt werden, u. a. durch die Nutzung von Pauschalsätzen, wie es beispielsweise mit den Personalmittelsätzen der DFG bereits umgesetzt wird. Der Zeitbedarf bis zur Förderentscheidung („time to grant“) sollte mindestens halbiert werden.
- In Begutachtungsverfahren sollten innovative Elemente wie die Teilrandomisierung nach qualitätssichernder Bewertung durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erprobt und bei positiven Erfahrungen auch in andere Förderprogramme integriert werden.

- Die Projektadministration sollte vereinfacht und die Mittelverwendung flexibilisiert werden. Berichtszeiträume und Zeiträume für die Anforderung bewilligter Mittel während der Projektlaufzeit sollten an die längeren Zeiträume der DFG angepasst und aufwendige Mehrfachprüfungen der Mittelverwendung durch verschiedene Stellen – etwa bei Auslandsreisen – abgeschafft werden.

### Handlungsempfehlungen zum Bereich Lehre

Der Wettbewerb um Studierende hat sich deutlich verschärft, während Lehrqualität und Studienerfolg bislang weder systematisch noch vergleichbar erfasst werden. Durch KI gibt es tiefgreifende Veränderungen der Kompetenzanforderungen an Absolventinnen und Absolventen. Gleichzeitig gewinnt die Internationalisierung der Hochschullehre weiter an Bedeutung, sowohl für die Fachkräfte sicherung als auch für die Attraktivität des Hochschulstandorts Deutschland. Beim Übergang internationaler Absolventinnen und Absolventen in den deutschen Arbeitsmarkt bestehen jedoch weiterhin strukturelle Hürden. Vor diesem Hintergrund kommt die Expertenkommission für den Bereich Lehre zu folgenden Handlungsempfehlungen:

### Qualität der Hochschullehre sichern und arbeitsmarktbezogene Indikatoren systematisch erfassen

- Es sollten Anreize gesetzt werden, die Hochschullehre so weiterzuentwickeln, dass sie den durch KI veränderten Kompetenzanforderungen gerecht wird. Hochschulen sollen sowohl Studierende im kompetenten Umgang mit KI-Werkzeugen qualifizieren als auch KI-komplementäre Fähigkeiten wie fachlich fundiertes Urteilsvermögen und kritisches Denken stärken. Denn nur so kann sichergestellt werden, dass Absolventinnen und Absolventen in der Lage sind, KI-Werkzeuge sachgerecht zu nutzen und deren Ergebnisse kritisch zu prüfen, Fehler und Verzerrungen zu erkennen sowie Ergebnisse überarbeiten zu können.
- Um Leistungen im Bereich der Lehre besser vergleichen zu können und den Wettbewerb zwischen Hochschulen stärker an der Lehrqualität auszurichten, sollten Studienerfolge nicht nur über Prüfungsleistungen, sondern auch über weitere Indikatoren erfasst werden. Dazu

zählen insbesondere arbeitsmarktbezogene Maße zum Übergang in eine qualifikationsadäquate Beschäftigung und zu Einkommens- und Karriereverläufen sowie die Zufriedenheit der Absolventinnen und Absolventen.

### **Internationalisierung der Hochschullehre stärken und Integration internationaler Studierender vereinfachen**

- Um international mobile Studierende zu gewinnen, sollte das Angebot an englischsprachigen Studiengängen weiter ausgebaut werden.
- Die Bundesregierung sollte den Verbleib internationaler Studierender gezielt fördern, indem sie Hemmnisse für ihren Übergang in den deutschen Arbeitsmarkt weiter abbaut. Hierzu gehört, dass zunächst umfassende und aktuelle Informationen zu Visaprozessen, Arbeits- und Aufenthaltserlaubnis, Kranken- und Rentenversicherung sowie sozialer Sicherung digital auf Englisch und in weiteren relevanten Sprachen bereitgestellt werden, um den Einstieg zu erleichtern.
- Es gilt, den Übergang in den deutschen Arbeitsmarkt durch systematische studienbegleitende Angebote zum Erwerb arbeitsmarktrelevanter Deutschkenntnisse zu unterstützen sowie diese Angebote verlässlich zu finanzieren und dauerhaft an den Hochschulen zu verankern.

### **Handlungsempfehlungen zum Bereich Technologietransfer**

Wissenstransfer ist die „dritte Mission“ von Hochschulen, wird in der Praxis jedoch vielerorts noch nicht als Kernaufgabe wahrgenommen. Ein für die Innovationskraft und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft besonders wichtiger Teil des Wissenstransfers ist der Technologietransfer, also die Überführung von Forschungsergebnissen in technische Lösungen für marktfähige Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Die Analysen in diesem Kapitel beschreiben einen Rückgang forschungsbasierter akademischer Gründungen und Patentanmeldungen von Hochschulen. Gleichzeitig ist die Forschung an deutschen Hochschulen deutlich relevanter für Patente geworden und hat diesbezüglich gegenüber den USA deutlich aufgeholt. Exzellente Forschung bietet dabei besonders

hohes Innovationspotenzial. Allerdings wird der überwiegende Teil der Patentzitationen deutscher Forschungsergebnisse von Anmeldern im Ausland vorgenommen, was nahelegt, dass diese Forschungsergebnisse in ausländische Innovationen einfließen.

Daraus lässt sich folgern, dass im deutschen Hochschulsystem erhebliche ungenutzte Potenziale für das deutsche F&I-System bestehen, die durch gezielte Maßnahmen gehoben werden müssen. Die Politik hat das Problem offenbar erkannt und entsprechende Initiativen im Koalitionsvertrag und in der HTAD angekündigt, die nun mit hoher Priorität umgesetzt werden sollten. Damit Transfer dauerhaft eine gleichwertige – wenngleich nicht unabhängige – Aufgabe neben Forschung und Lehre wird, sind verlässliche strukturelle und finanzielle Rahmenbedingungen erforderlich. Zudem wird Zeit im Technologietransfer in mehrfacher Hinsicht zum strategischen Faktor. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, eine Initiative „Transferzeit“ zu starten. Die Initiative sollte zeitliche Freiräume für Transferakteure schaffen und den Übergang von der Forschung zur Anwendung deutlich beschleunigen. Die Expertenkommission empfiehlt:

### **Wissenstransfer als Kernaufgabe der Hochschulen behandeln**

- Die Rolle des Wissenstransfers als dritte Kernaufgabe neben Forschung und Lehre sollte im gesamten Hochschulsystem weiter gestärkt werden. Transferaktivitäten sind als dauerhafte Aufgaben der Hochschulen zu verstehen und entsprechend aus regulären Budgets zu finanzieren. Hierzu könnte in Anlehnung an den „Zukunftsvertrag: Studium und Lehre stärken“ eine institutionelle Ko-Finanzierung des Transfers durch den Bund zugelassen werden. Ergänzend sollten sich Hochschulen verstärkt um private Mittel zur Ko-Finanzierung von Transferaktivitäten bemühen. Die EXIST Startup Factories zeigen beispielhaft, wie eine Kombination aus staatlicher Förderung und privatem Kapital leistungsfähige Innovations- und Gründungsökosysteme unterstützen kann.
- Das Potenzial für den Wissenstransfer sollte zwar von den Hochschulen in seiner gesamten Breite genutzt werden. Dabei muss der

Technologietransfer einschließlich der Gründungsförderung allerdings der zentrale Pfeiler in ihren Transferstrategien bleiben.

### Innovationspotenzial von exzellenter Forschung konsequent nutzen

- Die Verbesserung der Rahmenbedingungen für Transfer und Gründungen ist ein zentrales Ziel des Koalitionsvertrags. Dieser legt einen besonderen Schwerpunkt auf den Transfer durch angewandte Forschung, etwa im Rahmen des „Transferboosters“ unter Konsortialföhrerschaft der HAW oder mittels der geplanten „Deutschen Anwendungsforschungsgemeinschaft (DAFG)“, in der Programme mit explizitem Fokus auf HAW zusammengefasst werden sollen. Um die großen Innovationspotenziale von exzellenter Forschung – insbesondere im Bereich der anwendungsorientierten Grundlagenforschung – zu heben, sollte eine zu starke Verengung auf einzelne Säulen mit unterschiedlichen Zuständigkeiten sowie eine Schwerpunktsetzung auf HAW jedoch vermieden werden. Stattdessen ist eine ganzheitliche, akteursoffene Gesamtstrategie erforderlich, die unterschiedliche Transferpfade berücksichtigt, je nach Art der zu transferierenden Forschung sowie regionalem oder überregionalem Fokus.
- Die Personalmobilität zwischen Hochschulen und Unternehmen leistet wichtige Beiträge zum Wissenstransfer. Die Expertenkommission empfiehlt, die Durchlässigkeit des deutschen Hochschulsystems für intersektorale Mobilität in allen Karrierephasen von der Promotion bis zur Professur zu erhöhen. Hierzu beitragen können u. a. exzellenzorientierte Graduiertenschulen mit Beteiligung von Industriepartnern sowie Formate, die außerhalb der Hochschule tätige forschungsstarke Personen in Forschung und Lehre einbinden.

### Eine Initiative „Transferzeit“ im deutschen Hochschulsystem umsetzen

- Für Aktivitäten im Technologietransfer brauchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler individuelle zeitliche Freiräume. Nur so können sie Forschungsergebnisse erfolgreich in Anwendungen überführen. Analog zu For-

schungssemestern können Transfer- oder Gründungsfreisemester solche Aktivitäten ermöglichen.

- Für den Technologietransfer müssen geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden. Die Expertenkommission sieht in diesem Kontext die im Koalitionsvertrag angekündigte nationale IP-Strategie als wichtigen Schritt und empfiehlt, ihrer Erarbeitung hohe Priorität einzuräumen. Die Strategie sollte darauf abzielen, Verhandlungsprozesse zu vereinfachen und zu beschleunigen.
- Ein vielversprechender Ansatz, um potenzielle Interessenskonflikte zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und Gründerinnen und Gründern im Rahmen von IP-Transferverhandlungen zu entschärfen, ist das Modell „IP-Transfer gegen virtuelle Beteiligung“. Sollte das Modell zukünftig zum Standard werden, ist sicherzustellen, dass die Vertragsgestaltung ausreichend Flexibilität für branchenspezifische Unterschiede erlaubt.
- Die Expertenkommission unterstützt den derzeitigen Aufbau eines institutionalisierten Verfahrens für Konfliktfälle beim IP-Transfer nach Vorbild einer Pendelschlichtung in Kombination mit der IP-Dealdatenbank. Es ist zu evaluieren, ob dieses Instrument geeignet ist, den Transfer von geistigem Eigentum aus der Wissenschaft in die Wirtschaft zu verbessern.

### Angekündigte politische Vorhaben zur Transferförderung zeitnah umsetzen und mit EU-Förderung verzahnen

- Anders als auf EU-Ebene ist die Förderstruktur in Deutschland bislang nur begrenzt darauf ausgerichtet, Ergebnisse mit Transferpotenzial aus DFG- und ERC geförderten Vorhaben systematisch zu marktreifen Innovationen und Unternehmensgründungen weiterzuentwickeln. Schnittstellen zu geeigneten Förderformaten, beispielsweise von BMFTR, BMWE oder KfW, sollten klarer definiert und kommuniziert sowie die Antragsformalien der jeweiligen Mittelgeber besser aufeinander abgestimmt werden.

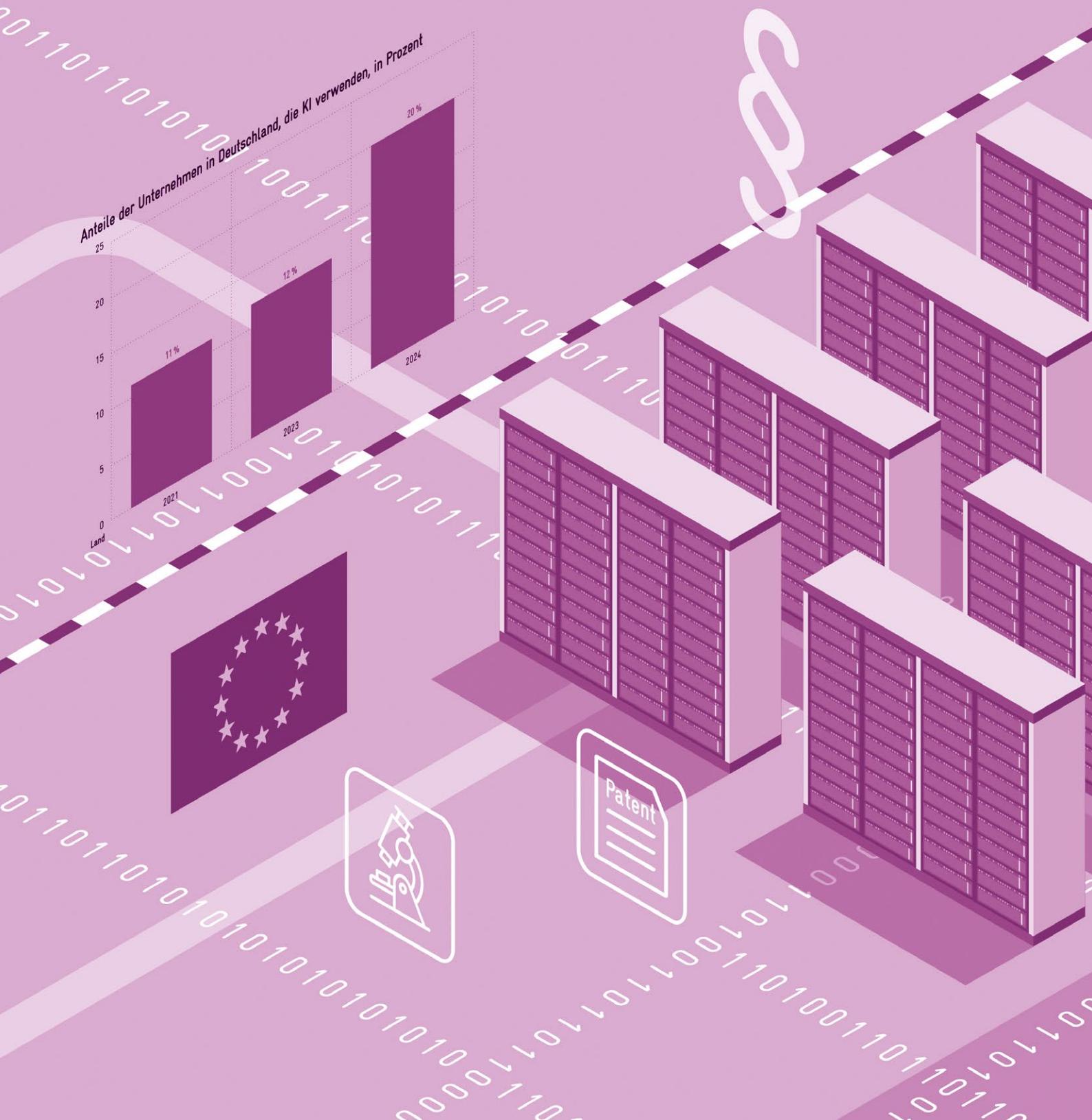
- Die Bewerbung auf die Proof of Concept Grants des ERC und die Transition Grants des EIC sollten für exzellente Forschungsprojekte aus den nationalen Fördersystemen, beispielsweise DFG-geförderte Projekte, möglich sein (vgl. Kapitel A.3).
- Angesichts niedriger Förderquoten auf europäischer Ebene sollten für Vorhaben, die für die Formate ERC Proof of Concept und EIC Transition positiv begutachtet, aber nicht gefördert wurden, Wege in die nationale Förderung geschaffen werden.



# B3 Entwicklung und Anwendung von künstlicher Intelligenz in Deutschland und Europa



[Download der Abbildung](#)





# B 3 Entwicklung und Anwendung von künstlicher Intelligenz in Deutschland und Europa

**K**ünstliche Intelligenz (KI) birgt enorme Innovationspotenziale und Chancen für wirtschaftliches Wachstum. Sie verspricht Produktivitätssteigerungen und ermöglicht neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. KI kann dazu beitragen, vielfältige gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen – von der Früherkennung von Krankheiten über die Optimierung von Stromnetzen im Rahmen der Energiewende bis hin zur Modernisierung staatlicher Dienstleistungen. Gleichzeitig bringt KI Herausforderungen im Hinblick auf den Arbeitsmarkt, internationale Abhängigkeiten und ethische Aspekte ihrer Verwendung mit sich. Für Deutschland und die EU sind die erfolgreiche Entwicklung und Anwendung von KI ein zentraler Hebel, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu sichern, digitale Souveränität zu stärken und Wohlstand langfristig zu erhalten.

Die Bundesregierung sollte ihre KI-Strategie europäisch ausrichten. Es gilt, technologische Abhängigkeiten zu vermeiden und zentrale Elemente der Wertschöpfung in Europa zu realisieren. Dazu ist rasch eine leistungsfähige KI-Infrastruktur aufzubauen, exzellente Forschung und Entwicklung zu fördern, ein innovationsfreundlicher regulatorischer Rahmen zu schaffen sowie die breite wirtschaftliche Anwendung von KI in Deutschland und der EU zu unterstützen.

## B 3-1 Technische Aspekte von KI Elemente des KI-Ökosystems vielfältig

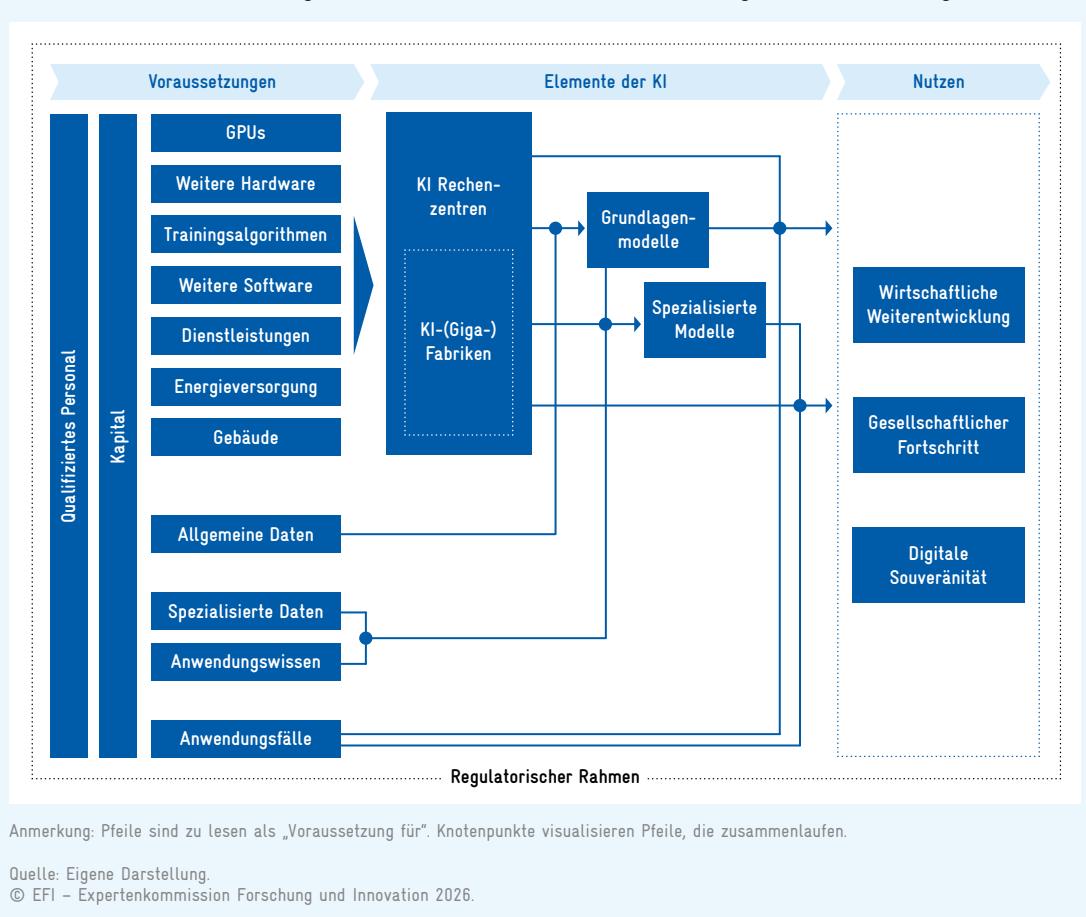
Abbildung B 3-1 zeigt die zentralen Elemente eines KI-Ökosystems und ihre Interdependenzen. Ausgangspunkt sind Voraussetzungen, die zum Auf-

bau und Betrieb von KI-Rechenzentren und insbesondere KI-Fabriken<sup>387</sup> notwendig sind. Dazu gehören z. B. Hard- und Software sowie Energieversorgung und Gebäude. Weiterhin gehören Daten und Anwendungswissen zu den Voraussetzungen, die zum Training von KI-Modellen benötigt werden. Die Daten fließen in Grundlagenmodelle, die als Basistechnologie dienen, sowie in spezialisierte Modelle, die für konkrete Anwendungsfelder entwickelt werden. Daten und Anwendungswissen fließen dabei immer wieder in die Weiterentwicklung der Modelle ein. Qualifizierte Fachkräfte und Kapital sind übergreifende Schlüsselfaktoren, die alle Bereiche des Ökosystems stützen. Mithilfe der Voraussetzungen entstehen KI-Systeme, aus denen dann wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Nutzen gezogen werden kann. Das gesamte Ökosystem wird von einem regulatorischen Rahmen begleitet, der u. a. Regeln für die verantwortungsvolle Nutzung der KI festlegt, Haftungsfragen klärt und den Verbraucherschutz stärkt.

### Entwicklungen bei KI rasant

KI befindet sich derzeit in einer rasanten Entwicklungsphase, die durch stark gestiegene Investitionen<sup>388</sup> gekennzeichnet ist und in der verschiedene Entwicklungsstränge zusammenlaufen. Parallel dazu rückt das langfristige Ziel einer allgemeinen KI näher – manche KI-Forscherinnen und -Forscher prognostizieren allgemeine KI für etwa 2040, andere für einen früheren Zeitpunkt.<sup>389</sup> Verschiedene Expertinnen und Experten betonen, dass leistungsstarke KI-Modelle einigen Ländern bereits heute erhebliche wirtschaftliche und militärische Vorteile verschaffen und sich diese Effekte mit dem Erreichen allgemeiner KI nochmals deutlich verstärken könnten.<sup>390</sup> Gleichzeitig besteht ein Trend zu

Abb. B 3-1 Voraussetzungen sowie Elemente der Entwicklung und Anwendung von KI



Anmerkung: Pfeile sind zu lesen als „Voraussetzung für“. Knotenpunkte visualisieren Pfeile, die zusammenlaufen.

Quelle: Eigene Darstellung.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

kleineren, spezialisierten Modellen, die effizienter und kostengünstiger arbeiten als die großen Grundlagenmodelle.

Auch hinsichtlich der Lizenzierung gibt es bedeutsame Entwicklungen. Heute bieten viele KI-Unternehmen offene Modelle an, die ihre Parameter und teilweise auch ihre Trainingsdaten offenlegen und damit Anpassungen und lizenzzahlungsfreie Nutzung erlauben. Neben den frühen und weiterhin einflussreichen generativen Open-Source-Modellen<sup>391</sup> westlicher Anbieter wie z. B. Meta (Llama) sind darunter mittlerweile auch viele chinesische Unternehmen wie z. B. DeepSeek.<sup>392</sup> Neue Standards und Formate wie das Model Context Protocol oder Safetensors erleichtern u. a. die Datennutzung und die Speicherung von Modellen.<sup>393</sup>

Ein wichtiger Trend bezüglich der Anwendungen ist physische KI, die eine Interaktion der KI mit der realen Welt ermöglicht und dementsprechend mit Daten aus der physischen Welt trainiert wird. Die stärkste Veränderung in der Anwendung geht aktu-

ell von KI-Agenten aus. Sie ermöglichen den Betrieb von Systemen, die autonom mit anderen Systemen interagieren, Informationen abrufen und Aktionen ausführen können, wie etwa eine Nachricht zu senden oder Logistikketten zu steuern. Unternehmen haben bereits begonnen, diese Agenten in ihre Geschäftsprozesse zu integrieren.

GPUs sind KI-Chips, die ursprünglich für anspruchsvolle Computergrafik entwickelt wurden. Sie werden für das Training von KI-Modellen, die Verarbeitung von Inferenzanfragen sowie für High-Performance-Computing eingesetzt. Den Markt für GPUs dominiert das US-amerikanische Unternehmen Nvidia mit einem geschätzten Marktanteil von über 80 Prozent.<sup>394</sup> Von hoher Bedeutung ist dabei auch Nvidias proprietäre Programmierplattform und Schnittstelle CUDA, die eine effiziente Nutzung der Nvidia-GPUs erst ermöglicht und mit den GPUs konkurrierender Anbieter wie AMD nicht kompatibel ist.<sup>395</sup> Zahlreiche KI-Werkzeuge wie TensorFlow und PyTorch sind für CUDA optimiert, was die Dominanz von Nvidias GPUs begünstigt.

## Box B 3-2 Begriffe zu KI

**Künstliche Intelligenz:** Mit dem Begriff künstliche Intelligenz werden Verfahren, Algorithmen und technologische Lösungen beschrieben, die es erlauben, bisher von Menschen ausgeführte komplexe kognitive Vorgänge auf lernende Maschinen und Software zu übertragen.<sup>396</sup>

**Generative KI:** Generative KI ist eine Form der KI, die dazu dient, Inhalte wie Texte, Bilder, Video, Audio oder Computercodes zu erzeugen oder zu bearbeiten. Dabei können unimodale KI-Systeme nur mit einem Datentyp arbeiten (z.B. nur Text oder nur Bilder), während multimodale KI-Systeme verschiedene Datentypen verarbeiten und ggf. auch verschiedene Datentypen ausgeben können.

**Physische KI:** Physische KI ist ein KI-System, das nicht auf den digitalen Raum beschränkt ist, sondern die physische Welt über Sensoren wahrnimmt, daraus lernt und mit ihr interagiert.<sup>397</sup> Anwendungen gibt es z.B. in der Robotik und im autonomen Fahren.

**KI-Agenten:** Ein KI-Agent ist ein System, das eigenständig Informationen aufnimmt, verarbeitet und in Handlungen umsetzt. Ein KI-Agent kann z.B. Lagerbestände erfassen, Bedarfe prognostizieren und als Konsequenz Bestellungen auslösen.<sup>398</sup>

**Maschinelles Lernen:** Maschinelles Lernen trainiert mit Hilfe von Lernalgorithmen und Daten komplexe KI-Modelle, die anschließend auf neue Daten derselben Art angewendet werden.<sup>399</sup>

**Parameter:** Parameter sind numerische Werte, die von maschinellen Lernmodellen während des Trainings bestimmt werden.<sup>400</sup> Die Anzahl der Parameter eines Modells beeinflusst die Fähigkeit eines Modells.

**Allgemeine künstliche Intelligenz (engl.: Artificial general intelligence):** Allgemeine KI ist eine hypothetische Form der KI, die die Fähigkeit besitzt, jede kognitive Aufgabe zu meistern oder zu erlernen, die ein Mensch ausführen kann, und zwar auf einem Niveau, das dem eines Menschen mindestens ebenbürtig ist. Im Gegensatz zu aktuellen KI-Systemen, die in der Regel auf bestimmte Aufgaben spezialisiert sind, haben allgemeine KI-Systeme ein umfassendes Allgemeinwissen und können Wissenstransfer leisten.<sup>401</sup>

**Grundlagenmodelle:** Grundlagenmodelle sind generative KI-Modelle, die auf einer breiten, allgemeinen Datenbasis trainiert werden. Sie sind Grundlage für die Entwicklung spezifischer Anwendungen.<sup>402</sup>

**Spezialisierte KI-Modelle:** Spezialisierte KI-Modelle fokussieren sich auf bestimmte Aufgabenstellungen aus klar abgegrenzten Bereichen. Sie werden mit Daten aus den spezifischen Anwendungsbereichen trainiert. Ein Beispiel sind KI-Modelle zur bildgebenden Diagnostik im Gesundheitswesen. Davon zu unterscheiden sind aus allgemeinen generativen Modellen abgeleitete Modelle, die in gewisser Weise spezialisiert sind, z.B. auf eine bestimmte Sprache.

**Inferenz:** Inferenz ist der Vorgang, bei dem ein KI-Modell das Gelernte anwendet und aus einer neuen Eingabe ein Ergebnis ableitet.

**H100-Äquivalent:** H100 ist ein Hochleistungs-Grafikprozessor (Graphics Processing Unit, GPU) von Nvidia, der vor allem für KI-Training eingesetzt wird. Die Leistung des seit 2022 vermarkten H100 gilt als Maßstab, mit dem man die Leistung verschiedener KI-Rechensysteme vergleichen kann.<sup>403</sup>

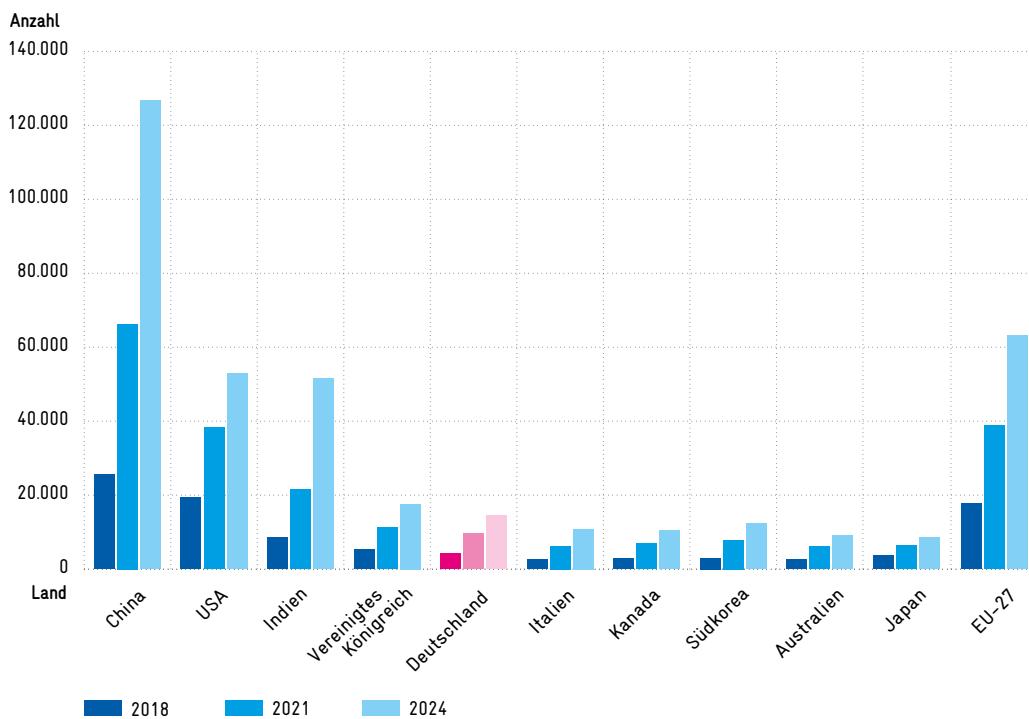
Ihnen gegenüber stehen Googles TPUs, hochspezialisierte Chips („Beschleuniger“), die für umfangreiche KI-Workloads optimiert sind und in Googles eigenen Diensten eine zentrale Rolle spielen. Sie werden seit 2025 auch einzelnen anderen Unternehmen zur Verfügung gestellt.<sup>404</sup> Dadurch könnte ein Gegenspieler zur GPU-Dominanz von Nvidia entstehen.<sup>405</sup>

## B 3-2 Forschung zu und Entwicklung von KI im internationalen Vergleich

### KI-Publikationen: EU gleichauf mit USA

Wissenschaftliche Publikationen zu KI haben seit 2018 weltweit stark zugenommen (vgl. Abbildung B 3-3).<sup>406</sup> Die meisten Publikationen kamen in allen

**Abb. B 3-3** Anzahl der Publikationen der Top-10-Länder im Bereich KI 2018, 2021 und 2024



Lesebeispiel: 2024 wurden in Deutschland insgesamt 14.415 KI-Publikationen veröffentlicht.

Aufgrund unterschiedlicher Datenquellen weicht die Darstellung von den Zahlen in Kapitel A2 leicht ab. Die Entwicklung und die Reihenfolge der Länder sind konsistent.

Quelle: Elsevier SCOPUS. Berechnungen basierend auf Weber et al. (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

drei betrachteten Jahren aus China – gefolgt von der EU, die 2024 deutlich mehr KI-Publikationen vorwies als die USA. Die USA und Indien auf den Rängen drei und vier sind auf einem ähnlichen Niveau wie die EU. Deutschland liegt bei den Publikationen hinter dem Vereinigten Königreich auf dem fünften Rang und ist somit in der EU das Land mit den meisten KI-Publikationen.<sup>407</sup>

Betrachtet man den Anteil von Publikationen zu generativer KI an allen KI-Publikationen (vgl. Abbildung B 3-4), sieht man, dass die USA im Jahr 2024 mit 16,9 Prozent den höchsten Anteil unter den Top 10 der publizierenden Länder hatten, gefolgt von Italien (15,3 Prozent) und Deutschland (13,4 Prozent). In China lag der Anteil nur bei 8,7 Prozent. Zudem wuchs der Anteil generativer KI-Publikationen in China und Indien weniger stark als in den anderen Ländern.<sup>408</sup> In absoluten Zahlen zeigt sich bei den Publikationen zu generativer KI jedoch weiterhin die klare Dominanz Chinas vor den USA

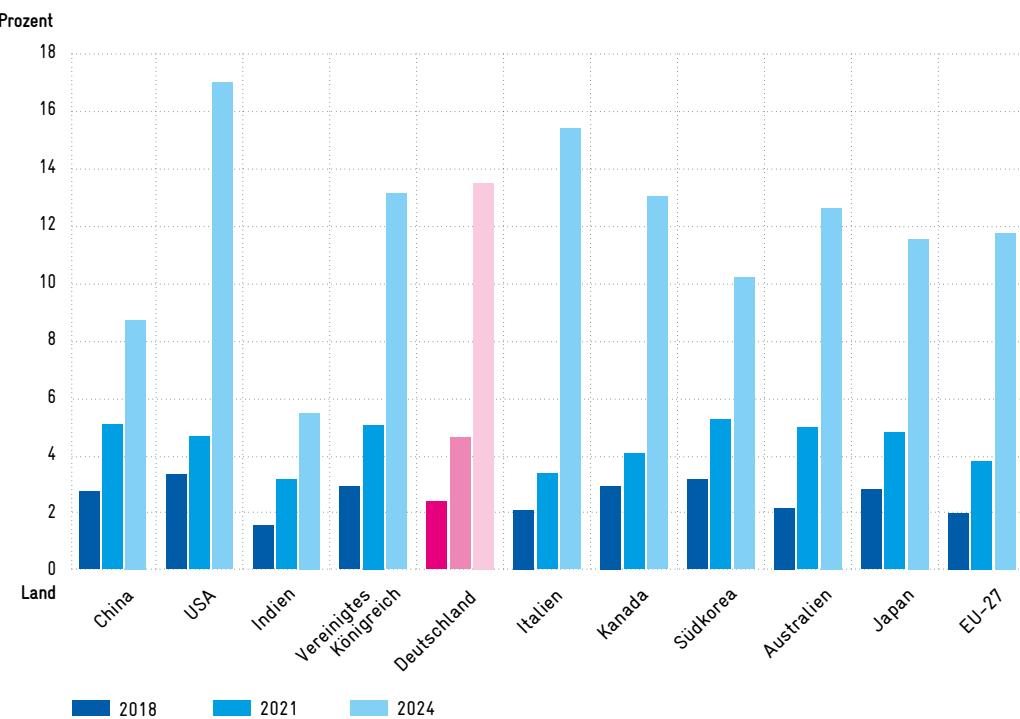
und der EU. Deutschland liegt bei den absoluten Zahlen hinter Indien und dem Vereinigten Königreich.

#### KI-Patentanmeldungen: USA und China dominant

Abbildung B 3-5 zeigt die transnationalen KI-Patentanmeldungen aus den zehn Ländern mit den meisten Patentanmeldungen. In China und den USA ist die absolute Zahl der transnationalen KI-Patentanmeldungen nach 2016 stark angestiegen. Ein Anstieg ist in abgeschwächter Form auch in den anderen Top-10-Ländern zu beobachten. Im Zeitraum 2020 bis 2022 zeigte sich eine Dominanz der USA und Chinas vor der EU, Japan und Südkorea. Deutschland lag auf deutlich niedrigerem Niveau hinter Japan und Südkorea, war in der EU jedoch das Land mit den meisten transnationalen KI-Patentanmeldungen. Das Vereinigte Königreich, einer der größten KI-Akteure in Europa, reiht sich hinter Deutschland ein.<sup>409</sup>

**Abb. B3-4** Anteile der Publikationen zu generativer KI an den gesamten KI-Publikationen für ausgewählte Länder 2018, 2021 und 2024 in Prozent

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: In Deutschland lag 2024 der Anteil der Publikationen zu generativer KI an den gesamten KI-Publikationen bei 13,4 Prozent.

Die Auswahl der Länder orientiert sich an Abbildung B3-3.

Quelle: Elsevier SCOPUS. Berechnungen basierend auf Weber et al. (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

In Deutschland kommen die meisten transnationalen KI-Patentanmeldungen von großen Unternehmen wie Siemens, Robert Bosch, Siemens Healthcare, Volkswagen und Bayer. Bei den meisten dieser Unternehmen machen KI-Patente weniger als 10 Prozent ihrer gesamten transnationalen Patentanmeldungen aus; lediglich Siemens Healthcare erreicht mit 25,7 Prozent einen deutlich höheren Anteil.

#### USA dominant bei der Entwicklung bedeutender KI-Modelle

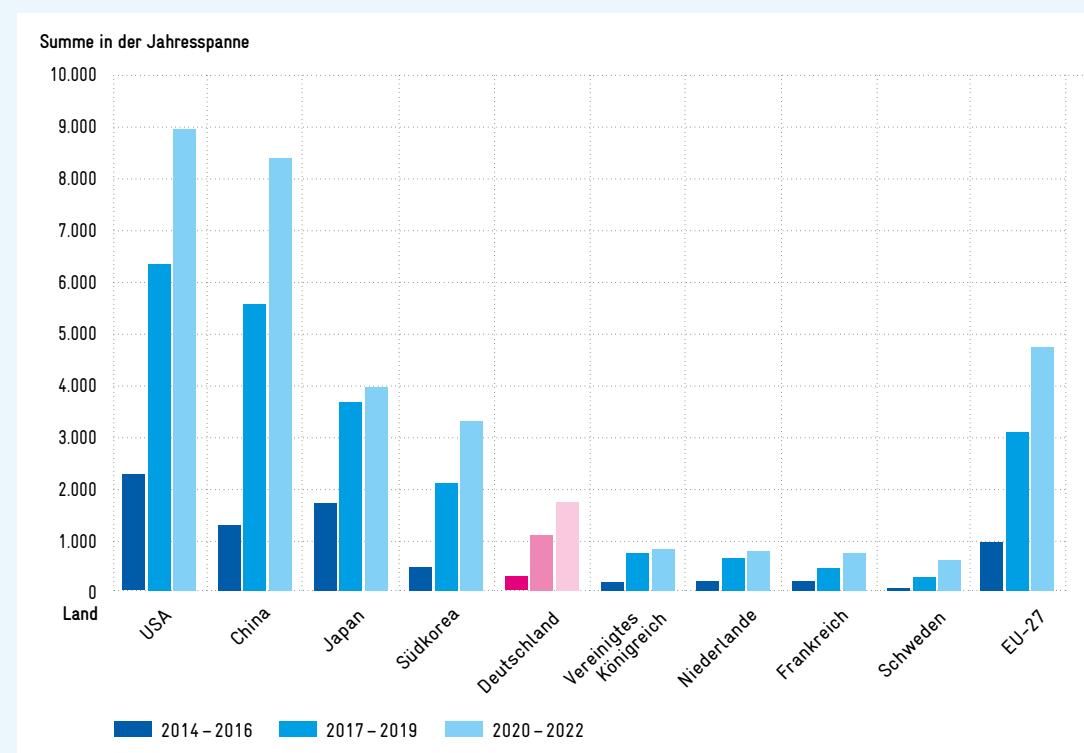
Ein marktnaher Indikator für die Innovationsstärke eines Landes im Bereich KI ist die Anzahl der entwickelten KI-Modelle. Dazu werden in Abbildung B3-6 Daten der Non-Profit-Forschungsorganisation Epoch AI zu bedeutenden<sup>410</sup> KI-Modellen betrachtet.<sup>411</sup>

Abbildung B3-6 zeigt in den meisten Ländern eine Zunahme der Entwicklung von bedeutenden

KI-Modellen, wobei die USA mit großem Abstand führen. China liegt klar hinter den USA, allerdings deutlich vor dem Vereinigten Königreich und der EU. Innerhalb der EU wurden zwischen 2023 und 2025 24 bedeutende KI-Modelle veröffentlicht, von denen elf aus Frankreich und neun aus Deutschland kamen. Bedeutende Modelle aus Deutschland stammen vor allem von Forschungseinrichtungen, die dabei häufig mit US-amerikanischen Partnern kooperieren, wie z. B. die TU Berlin mit Google, nicht jedoch mit Organisationen aus anderen Mitgliedstaaten der EU. Deutsche Unternehmen, die bedeutende KI-Modelle veröffentlicht haben, sind DeepL, deepset und Bosch.

Insgesamt zeichnen diese drei Analysen ein bekanntes Bild: Deutschland und die EU sind in der Forschung leistungsfähig, bei patentierten Erfindungen mittelmäßig und bei der Entwicklung innovativer Produkte vergleichsweise schlecht.

Abb. B 3-5 Anzahl transnationaler KI-Patentanmeldungen der Top-10-Länder 2014–2022



Lesebeispiel: Aus Deutschland kamen im Zeitraum 2020–2022 1.709 transnationale KI-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.

Aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungen weicht die Darstellung von den Zahlen in Kapitel A2 leicht ab. Die Entwicklung und die Reihenfolge der Länder sind konsistent.

Quelle: PATSTAT. Eigene Darstellung basierend auf Weber et al. (2026).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

### Verschiedene öffentlich geförderte KI-Modelle in Europa

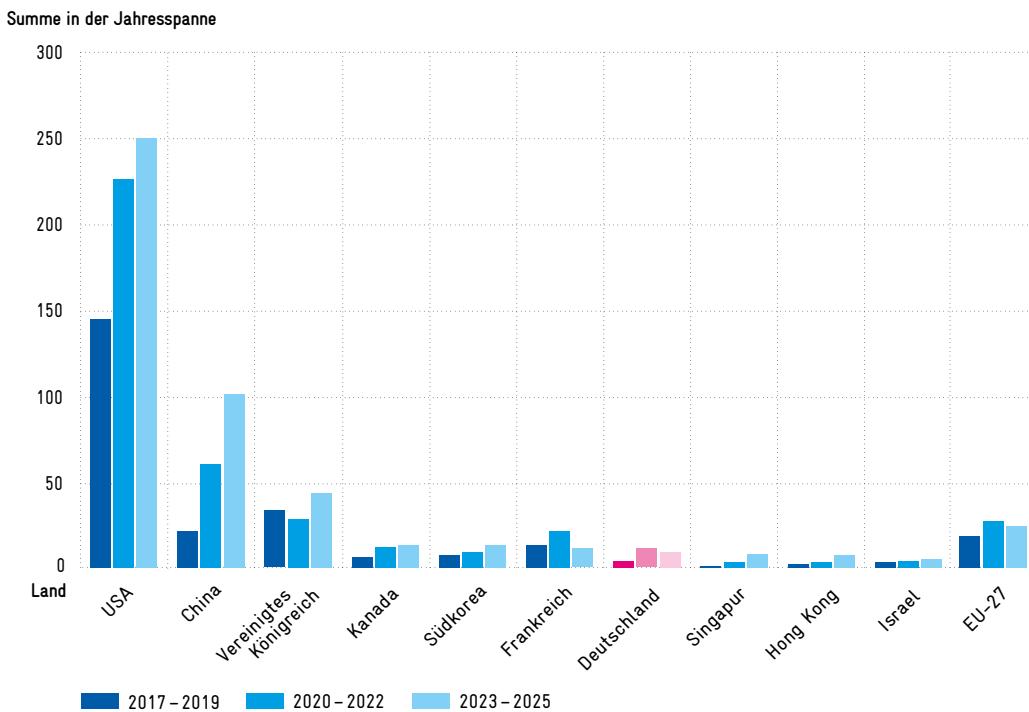
Um die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu unterstützen, wird in Europa die Entwicklung von KI-Modellen öffentlich gefördert, die ein besonderes Augenmerk auf die Berücksichtigung der EU-Datenschutzrichtlinie legen. Beispiele sind Teuken-7B aus dem Forschungsprojekt OpenGPT-X der Fraunhofer-Institute IAIS und IIS und EuroLLM-9B aus Utter, einem gemeinsamen Projekt verschiedener europäischer Universitäten. Apertus-70B von der Swiss AI Initiative ist ein offenes Modell, dessen Parameter, Daten und Trainingsalgorithmen öffentlich zugänglich sind; es wurde unter Berücksichtigung des Opt-out-Einverständnisses von Dateninhaberinnen und Dateninhabern trainiert und vermeidet die Speicherung von Trainingsdaten im Modell. Mit 7,9 bzw. 70 Milliarden Parametern sind

die genannten Modelle relativ klein verglichen mit den führenden kommerziellen Modellen, die mehr als 500 Milliarden Parameter verwenden.<sup>412</sup>

Auch einige kommerzielle KI-Modelle europäischer Unternehmen erhielten öffentliche Förderung. TFree-HAT-Pretrained-7B-Base des deutschen Unternehmens Aleph Alpha wurde auf englischen und deutschen Daten trainiert und insbesondere für die Anwendung im deutschen Sprachraum entwickelt. Das Anfang Dezember 2025 veröffentlichte multimodale offene Modell Mistral Large 3 des französischen Unternehmens Mistral existiert in verschiedenen Varianten mit bis zu 675 Milliarden Parametern. Modelle von Mistral werden häufig als Basis für Weiterentwicklungen verwendet. Ein Beispiel hierfür ist Minerva-7B, das mit italienischen Sprachdaten vollständig neu vortrainiert wurde.<sup>413</sup> Um zukünftige KI-Modelle in Europa zu entwickeln, wurde mit der Initiative „Next Frontier AI“

Abb. B 3-6 Anzahl bedeutender KI-Modelle der Top-10-Länder 2017–2025

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: Zwischen 2023 und 2025 kamen neun bedeutende KI-Modelle aus Deutschland.

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Daten von Epoch AI (2025).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

ein Projekt angestoßen, mit dem die SPRIND die Entwicklung von KI-Unternehmen der nächsten Generation fördern möchte.<sup>414</sup>

### B 3-3 Einsatz von KI im privaten und öffentlichen Sektor

#### Deutschland bei Anzahl an KI-Unternehmen weltweit im Mittelfeld, in der EU an der Spitze

Eine hohe Anzahl spezialisierter KI-Unternehmen, also von Unternehmen, die KI entwickeln oder bei deren Produkten oder Dienstleistungen KI eine signifikante Rolle spielt, ist ein Indikator für Innovationskraft, wirtschaftliche Dynamik und die Fähigkeit, Forschungsergebnisse in marktfähige Anwendungen zu überführen. Vor diesem Hintergrund wurde in einer von der Expertenkommission beauftragten Studie Deutschlands Position im Hinblick auf die Anzahl an KI-Unternehmen beleuchtet.<sup>415</sup> Dabei zeigt eine Auswertung der Crunchbase-Datenbank<sup>416</sup> aus dem Februar 2025, dass Deutschland bei der Anzahl an KI-Unternehmen

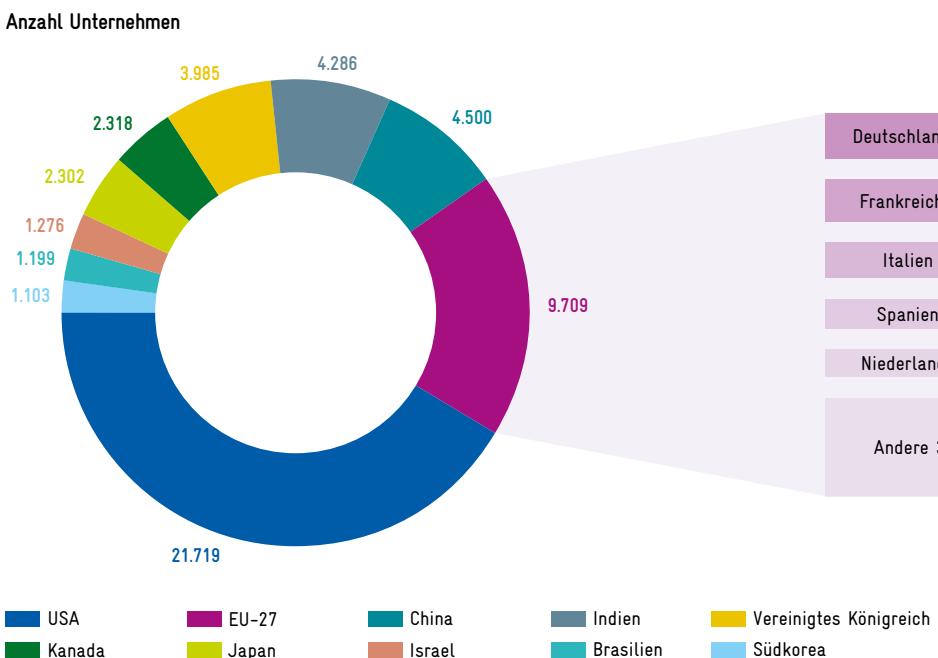
innerhalb der EU zwar zur Spitzengruppe gehört, im globalen Vergleich jedoch lediglich eine Position im Mittelfeld einnimmt und auch hinter kleineren Volkswirtschaften wie Kanada und dem Vereinigten Königreich liegt (vgl. Abbildung B 3-7).

Die USA belegen mit 21.719 KI-Unternehmen mit großem Abstand den weltweiten Spaltenplatz, vor der EU mit 9.709 KI-Unternehmen. Deutschland führt mit 1.980 KI-Unternehmen die Rangfolge in der EU an. Im weltweiten Vergleich belegt Deutschland damit Platz sieben, hinter den USA, China (4.500 KI-Unternehmen), Indien (4.286), dem Vereinigten Königreich (3.985), Kanada (2.318) und Japan (2.302), aber noch vor Frankreich (1.441). Unter den weiteren EU-Mitgliedstaaten verfügen insbesondere Italien, Spanien und die Niederlande über eine relativ hohe Anzahl an KI-Unternehmen (zwischen 759 und 952).

Start-ups – also Unternehmen, die jünger als fünf Jahre sind – sind ein wesentlicher Treiber der Entwicklung und Verbreitung von KI, vor allem wenn sie neue technologische Ansätze schnell aufgreifen,

 [Download der Abbildung und Daten](#)

**Abb. B3-7 Anzahl der in Crunchbase erfassten KI-Unternehmen weltweit im Februar 2025**



Lesebeispiel: Im Februar 2025 gab es in der EU-27 insgesamt 9.709 KI-Unternehmen, davon 1.980 in Deutschland.

Als KI-Unternehmen gelten in der vorliegenden Analyse solche, die laut der Crunchbase-eigenen Industrieklassifikation zur Industry Group „Artificial Intelligence“ gehören.

Quelle: Crunchbase. Berechnungen basierend auf Weber et al. (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

mit hoher Innovationsgeschwindigkeit weiterentwickeln, rasch skalieren und in marktfähige Anwendungen überführen. Der Anteil der Start-ups an allen KI-Unternehmen liegt in Deutschland mit 31,3 Prozent nahezu gleichauf mit dem in den USA (32,9 Prozent) und im Vereinigten Königreich (30,8 Prozent) sowie leicht über dem EU-Durchschnitt (27,7 Prozent). Ähnliche Werte wie der EU-Durchschnitt weisen auch Italien (28,5 Prozent) und die Niederlande (27,9 Prozent) auf. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die deutsche KI-Unternehmenslandschaft im europäischen Vergleich nicht nur durch eine hohe Anzahl an KI-Unternehmen, sondern auch durch ein aktives Gründungsgeschehen gekennzeichnet ist.<sup>417</sup>

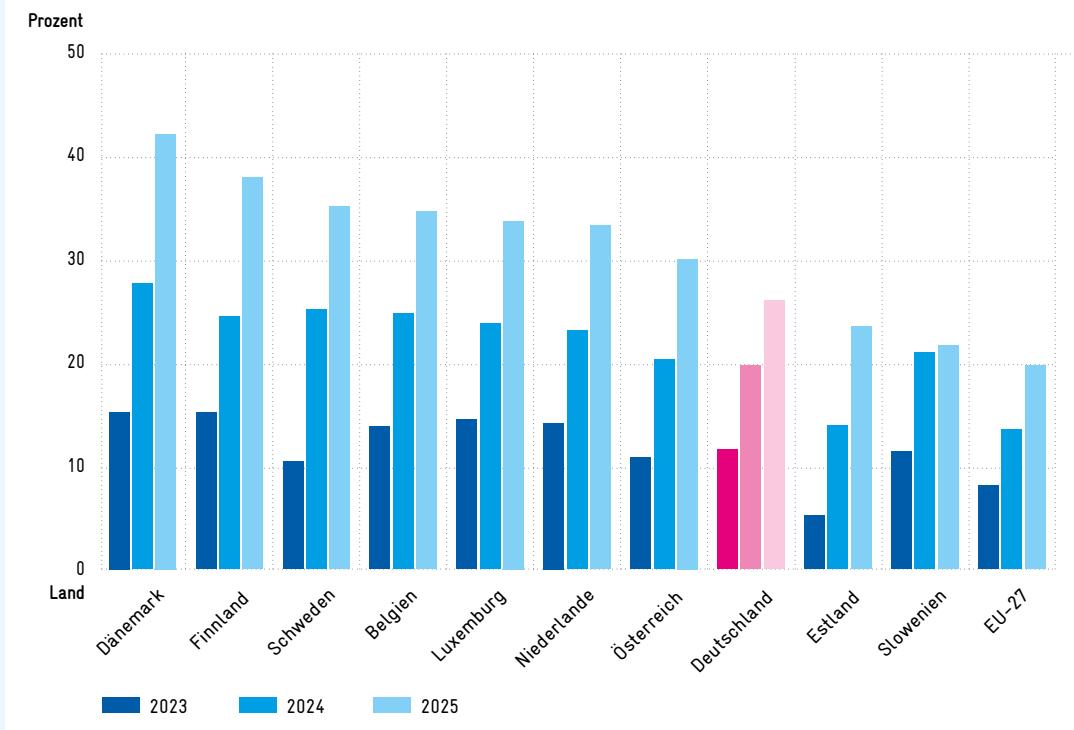
Trotz des positiven Bilds, das die Analyse der Crunchbase-Daten zeichnet, stehen (KI-)Start-ups in Deutschland und der EU zwei großen Hemmnissen gegenüber. Zum einen stellt die Fragmentierung des europäischen Binnenmarktes ein großes Hindernis bei der Skalierung dar. Durch die unterschiedlichen nationalen Regelungen und Märkte

steigen die Kosten für Start-ups und können deren Wachstum behindern. Stärker integrierte Märkte wie die USA oder China haben hier einen Vorteil. Ein „28. Regime“, ein Vorhaben der EU im Rahmen der Start-up- und Scale-up-Strategie zur Reduktion der Fragmentierung des EU-Binnenmarktes, würde hier Abhilfe schaffen (vgl. Kapitel A 4).<sup>418</sup>

Ein weiteres Problem liegt in der steuerlichen Behandlung von Mitarbeiterbeteiligungen in Deutschland. Bislang müssen geldwerte Vorteile aus Vermögensbeteiligungen im Fall eines Arbeitgeberwechsels oder spätestens nach 15 Jahren versteuert werden, auch wenn kein realer Liquiditätszufluss stattgefunden hat (sogenannte Dry-Income-Besteuerung). Liquidität fließt in der Regel aber erst zu, wenn das Unternehmen verkauft wird oder an die Börse geht.<sup>419</sup> Durch diese – im internationalen Vergleich – unattraktive steuerliche Regelung wird es wachstumsorientierten Start-ups erschwert, hochqualifiziertes Personal zu gewinnen.<sup>420</sup>

**Abb. B3-8** Anteil der Unternehmen mit mehr als zehn Beschäftigten, die KI verwenden, in den Top-10-EU-Ländern 2023–2025 in Prozent

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: In Deutschland verwenden 2023 11,6 Prozent der Unternehmen mit mehr als zehn Beschäftigten KI, während es in 2025 bereits 26,0 Prozent waren.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Eurostat (2025b).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

### Diffusion von KI in der Wirtschaft stark zunehmend

Der Einsatz von KI in der deutschen und europäischen Wirtschaft hat in den vergangenen Jahren deutlich an Dynamik gewonnen (vgl. Abbildung B3-8). Erhebungen von Eurostat zeigen, dass in Deutschland der Anteil der Unternehmen mit mindestens zehn Beschäftigten, die KI generell nutzen, von 11,6 Prozent im Jahr 2023 auf 26,0 Prozent im Jahre 2025 gestiegen ist.<sup>421</sup> Im Jahr 2025 lag Deutschland im europäischen Vergleich damit auf Platz acht. Die nordischen Länder Dänemark (42,0 Prozent), Finnland (37,8 Prozent) und Schweden (35,0 Prozent) haben hier die höchsten Anteile. Auch die Benelux-Länder haben höhere Anteile als Deutschland (Belgien 34,5 Prozent, Luxemburg 33,6 Prozent, Niederlande 33,2 Prozent).

Laut der Erhebung von Eurostat lag im Jahr 2025 in allen betrachteten Ländern der Anteil der Unternehmen, die KI generell nutzen, in der Gruppe der

großen Unternehmen mit 250 oder mehr Beschäftigten am höchsten (Deutschland: 57,0 Prozent; EU: 55,0 Prozent), gefolgt von den mittelgroßen Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten (Deutschland: 35,6 Prozent; EU: 30,4 Prozent) und den kleinen Unternehmen mit 10 bis 49 Beschäftigten (Deutschland: 23,1 Prozent; EU: 17,0 Prozent). Darüber hinaus belegt auch eine im Auftrag der Expertenkommission durchgeführte repräsentative Umfrage einen raschen Anstieg der Nutzung von generativer KI, insbesondere in der Informationswirtschaft und dem verarbeitenden Gewerbe.<sup>422</sup> Zu beachten ist allerdings, dass diese Umfragen nicht die Art der Nutzung erfassen. So bestehen zwischen der Anwendung von einfachen Chat-Tools und der von agentenbasierter generativer KI große Unterschiede. Die dargestellte Entwicklung erlaubt daher lediglich Aussagen über einen allgemeinen Trend der KI-Nutzung, jedoch keine Rückschlüsse auf Veränderungen in ihrer Qualität.

### KI in der öffentlichen Verwaltung: viele Fragen bislang ungeklärt

Mit ihrer Modernisierungsagenda für Staat und Verwaltung hat die Bundesregierung ein ressortübergreifendes Reformprogramm verabschiedet, das den Staat „einfacher, digitaler und erfolgreicher“ machen soll und u. a. auf den Einsatz von KI setzt.<sup>423</sup>

Zwar bündeln 23 Hebelprojekte als besonders wirkungsstark angesehene und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen, doch bleiben zentrale Strukturreformen bislang noch aus. Weiterhin soll mit dem Deutschland-Stack eine Plattform entstehen, die eine „sichere, interoperable, europäisch anschlussfähige und souveräne“ Infrastruktur zur Digitalisierung der Verwaltung anbieten und Cloud-Dienste und KI-Anwendungen integrieren soll.<sup>424</sup> Dies ist ein erstrebenswertes Ziel; die konkrete Ausgestaltung bleibt jedoch bisher unklar und sollte möglichst bald festgelegt werden. So wäre eine einheitliche digitale Systemgrundlage Voraussetzung dafür, dass KI-Dienste im großen Maßstab nutzbar gemacht und Einzellösungen vermieden werden. Ein modularer Ansatz, der die Auswechslung einzelner Software-Elemente im Stack vereinfacht, kann hier Abhängigkeiten durch Lock-In-Effekte reduzieren.<sup>425</sup> Zudem ist zu klären, in welchem Umfang die zugrunde liegende Infrastruktur tatsächlich „souverän“ und unabhängig von außereuropäischen Anbietern ausgestaltet wird. Schließlich würden klare Wirkungsindikatoren und konkrete Zeitpläne helfen, Innovationseffekte der KI in der öffentlichen Verwaltung sowie die beabsichtigte Stärkung der Souveränität zu messen.<sup>426</sup>

Auch aus der Privatwirtschaft gibt es Impulse für die Digitalisierung des öffentlichen Sektors, um etwa den Bürgerservice zu verbessern oder interne Informationsabläufe zu optimieren. Im Herbst 2025 haben SAP und OpenAI die Partnerschaft „OpenAI for Germany“ angekündigt, die darauf abzielt, große Sprachmodelle wie ChatGPT und weitere KI-Technologien – unter Beachtung der Anforderungen an Datenschutz, Datensouveränität und Compliance in Deutschland – über die Delos Cloud für den öffentlichen Sektor bereitzustellen.<sup>427</sup> Gleichwohl kann diese Lösung weder technologische Unabhängigkeit noch Datensouveränität gewährleisten, denn die Delos Cloud baut auf Komponenten der proprietären Microsoft-Azure-Technologie auf, die dem US CLOUD Act<sup>428</sup> unterliegt. Daher sind die Daten nicht vor einem Zugriff durch US-Behörden sicher, obwohl sie physisch in Rechenzentren in der EU gespeichert sind und somit der DSGVO

unterliegen. Hinzu kommt die mangelnde Transparenz über Funktionsweise und Trainingsdaten der Modelle von OpenAI. Vor diesem Hintergrund erscheint eine fortlaufende Bewertung der Souveränitäts- und Sicherheitsarchitektur solcher hybriden Modelle angezeigt.

### B3-4 Infrastruktur und Rechenkapazitäten

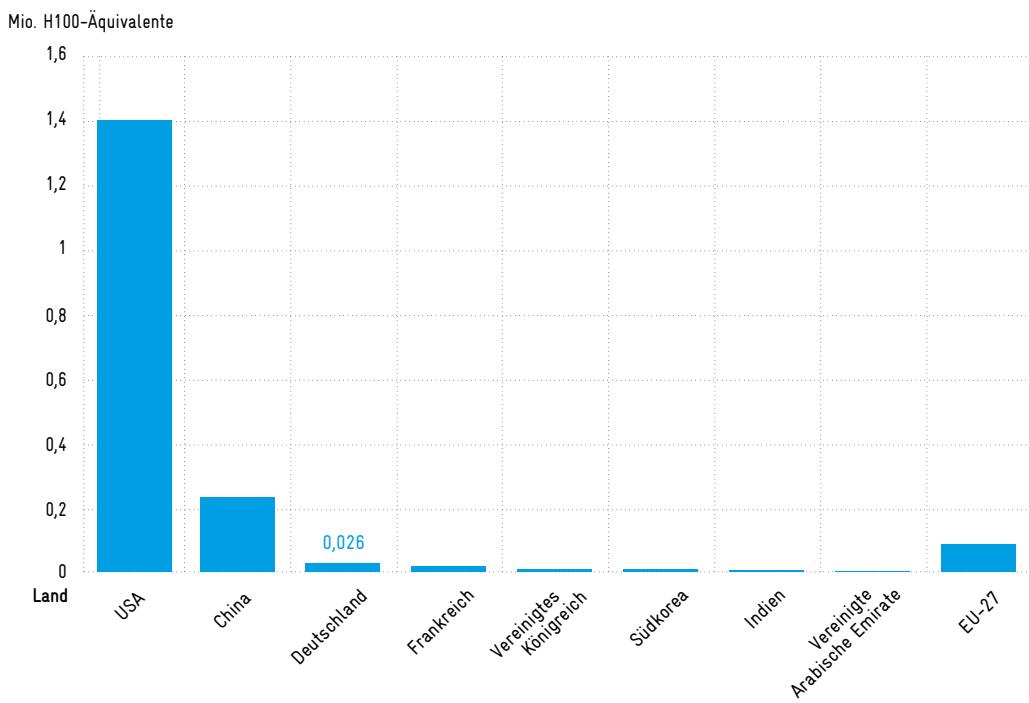
#### Deutschland und EU bei Rechenkapazitäten hinter internationalen Wettbewerbern

Das Training ebenso wie die Nutzung großer KI-Modelle erfordern umfangreiche Rechenkapazitäten. Auch die Weiterentwicklung der KI-Systeme sowie die Bereitstellung von Modellen für den Massenmarkt stellen sehr hohe Anforderungen an die Rechenkapazität. Dementsprechend gehen die derzeit geplanten Kapazitätserweiterungen, insbesondere in den USA, weit über die bereits bestehenden Kapazitäten hinaus.

Wenngleich in Deutschland im Jahr 2025 die Investitionen in Rechenzentren ein Allzeithoch erreichten, sind sie im globalen Vergleich niedrig.<sup>429</sup> So gibt es in Deutschland bislang – anders als in den USA – keine sehr großen Rechenzentren, die ausschließlich für KI genutzt werden. Abbildung B 3-9 verdeutlicht, wie sehr die USA bei den Rechenkapazitäten dominieren, nämlich mit ca. der sechsfachen Kapazität Chinas.<sup>430</sup> Die Kapazitäten der europäischen Länder – einschließlich Deutschlands mit rund 26.000 öffentlich erfassten H100-Äquivalenten – liegen um Größenordnungen darunter. Hinzu kommt, dass im Vergleich zu den USA, wo ein Großteil der KI-Rechenkapazität von der Privatwirtschaft gebaut, finanziert und genutzt wird, der Großteil der KI-Rechenkapazität in Deutschland öffentlich betrieben wird, sodass aufgrund des EU-Beihilferechts eine Nutzung durch private Unternehmen nur im vorwettbewerblichen Bereich möglich ist.<sup>431</sup> Erwähnenswerte privatwirtschaftliche Projekte sind das angekündigte Rechenzentrum von der Deutschen Telekom mit einer geschätzten Kapazität von rund 20.000 H100-Äquivalenten sowie das von Schwarz Digits mit einer Kapazität von bis zu 100.000 GPUs.<sup>432</sup>

**Abb. B3-9 Öffentlich dokumentierte Rechenkapazitäten in großen Rechenzentren für ausgewählte Länder 2025 in Millionen H100-Äquivalenten**

 [Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: In Deutschland wurden für das Jahr 2025 in öffentlich dokumentierten Großrechenzentren rund 26.000 H100-Äquivalente erfasst.

Die Angaben sind relativ zueinander zu interpretieren, nicht als exakte Bestandszahlen. Die zugrundeliegenden Daten von Epoch AI decken nur 10 bis 20 Prozent aller globalen Großrechenzentren ab. Da die Daten auf öffentlich verfügbaren Informationsquellen beruhen, decken sie öffentliche und private Recheninfrastruktur in verschiedenem Maße ab.<sup>434</sup>

Quelle: Epoch AI. Eigene Berechnungen basierend auf Daten von Pilz et al. (2025).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

### Engpässe beim Ausbau von KI-Rechenkapazität in Deutschland

Der Aufbau neuer Rechenzentren in Deutschland und in der EU wird derzeit durch Engpässe im Stromnetz, hohe Stromkosten und administrative Hemmnisse gebremst. Schon zwischen 2010 und 2024 ist der Stromverbrauch deutscher Rechenzentren trotz erheblicher Effizienzgewinne um rund 90 Prozent gestiegen;<sup>435</sup> der zunehmende Einsatz von KI-Anwendungen dürfte den Energiebedarf weiter erheblich ansteigen lassen.<sup>436</sup> In Deutschland stellt die mangelnde Verfügbarkeit geeigneter Netz- und Anschlusskapazitäten einen Engpass für den Ausbau von KI- und Rechenzentrumsinfrastruktur dar,<sup>437</sup> vor allem in Ballungsgebieten wie dem Rhein-Main-Gebiet oder Berlin, wo Boden und Netzkapazitäten besonders limitiert sind.<sup>438</sup> Zusätzlich sind die im internationalen Vergleich hohen Stromkosten als Wettbewerbsnachteil zu sehen, da sie bei Rechenzentren rund die Hälfte der Betriebs-

kosten ausmachen können.<sup>439</sup> Frankreich sowie die nordischen Länder Dänemark, Schweden, Norwegen und Finnland verfügen über eine kostengünstigere, klimafreundliche Energieversorgung und über Netzkapazitäten,<sup>440</sup> die den zügigen Aufbau leistungsfähiger Rechenkapazitäten zusätzlich begünstigen.

Neben den Energieengpässen wirken langwierige Genehmigungs- und Planungsverfahren hemmend auf den Ausbau der Rechenzentrums-Infrastruktur.<sup>441</sup> Die Ansiedlung neuer Rechenzentren wird durch komplexe Umwelt-, Bau- und Netzzanschlussverfahren verzögert.<sup>442</sup> Im internationalen Vergleich zeigen sich hier Standortnachteile: Frankreich und Norwegen z. B. verfügen über teils beschleunigte und besser koordinierte Zulassungs- und Planungsverfahren.<sup>443</sup> Im Schnitt dauert es hierzulande bis zu sieben Jahre, bis der Netzzanschluss eines Rechenzentrums realisiert wird – deutlich länger als in anderen Ländern.<sup>444</sup>

## KI-Gigafabriken zur Unterstützung des Ausbaus der KI-Kapazitäten in der EU geplant

Der Aktionsplan der Europäischen Kommission für den KI-Kontinent umfasst die fünf Bereiche Infrastruktur, Datenzugang, Algorithmen, KI-Kompetenzen und Vereinfachung der Rechtsvorschriften.<sup>444</sup> Kernelement des Bereichs Infrastruktur ist der Aufbau von KI-Rechenkapazitäten in sogenannten KI-Fabriken und KI-Gigafabriken.

KI-Fabriken sind KI-Ökosysteme, in deren Zentren europäische Supercomputer stehen, die Teil des Gemeinsamen Unternehmens für europäisches Hochleistungsrechnen (GU EuroHPC)<sup>445</sup> sind. Sie führen materielle und personelle Ressourcen zusammen und sollen vor allem der Entwicklung und dem Training von KI-Modellen dienen, insbesondere durch Start-ups, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und die Wissenschaft.<sup>446</sup> Im Dezember 2025 waren neun dieser KI-Fabriken in Betrieb, darunter die Anlagen JAIF (Jupiter AI Factory, Jülich) mit ungefähr 24.000 H100-Äquivalenten<sup>447</sup> und die Anlage IT4LIA (Italy for Artificial Intelligence, Bologna), die derzeit über etwa 6.000 H100-Äquivalente verfügt.<sup>448</sup> Weitere KI-Fabriken sind in Planung. Beim Aufbau der geplanten KI-Fabriken bietet es sich an, innovative Lösungen europäischer junger Unternehmen zu fördern. Als Beispiel können die photonischen Coprozessoren des deutschen Unternehmens Q.ANT dienen, die bereits in öffentlichen Rechenzentren eingesetzt werden.<sup>449</sup>

KI-Gigafabriken sind fünf von der Europäischen Kommission geplante Großanlagen mit jeweils etwa 100.000 H100-Äquivalenten,<sup>450</sup> auf denen komplexe KI-Modelle entwickelt, trainiert und eingesetzt werden sollen. Nachdem Mitte 2025 76 Konsortien Interesse am Betrieb einer dieser Gigafabriken bekundet haben,<sup>451</sup> wird die Ausschreibung für Anfang dieses Jahres erwartet. Angesichts eines geschätzten Investitionsvolumens von drei bis fünf Milliarden Euro pro KI-Gigafabrik plant die Europäische Kommission, sie als öffentlich-private Partnerschaft zu betreiben und bis zu 35 Prozent der Anfangsinvestitionen zu tragen.<sup>452</sup> Eine Verordnung der Europäischen Union von Dezember 2025 sieht vor, dass maximal 17 Prozent der Investitionsausgaben aus EU-Mitteln finanziert werden sollen. Die beteiligten Mitgliedstaaten sollen mindestens denselben Betrag leisten.<sup>453</sup> Als Gegenleistung soll ein entsprechender Teil der Rechenkapazität für öffentliche Anwendungen frei zur Verfügung gestellt werden.

Es bestehen jedoch Zweifel an der geplanten Umsetzung der KI-Gigafabriken.<sup>454</sup> Die Expertenkommission teilt diese Skepsis in gewissem Maße und stellt fest, dass insbesondere hinsichtlich der folgenden Punkte noch Klärungsbedarf besteht:

— Kosten: Die EU plant, lediglich die Anfangsinvestitionen der KI-Gigafabriken mit bis zu 35 Prozent aus öffentlicher Hand zu fördern. Zudem soll dieser Anteil durch Rechenleistung abgegolten werden.<sup>455</sup> Die laufenden Betriebskosten von KI-Rechenzentren sind jedoch erheblich, insbesondere aufgrund ihres hohen Energieverbrauchs. Das fällt besonders bei Standorten mit hohen Stromkosten wie z.B. Deutschland ins Gewicht. Dazu kommen regelmäßige Ersatzinvestitionen, da GPUs je nach Auslastung nur drei bis fünf Jahre genutzt werden können und noch schneller technisch veraltet sind.

Zwar werden diejenigen Unternehmen und Konsortien, die konkrete Angebote für den Betrieb von KI-Gigafabriken einreichen, deren Wirtschaftlichkeit analysiert und tragfähige Geschäftsmodelle entwickelt haben.<sup>456</sup> Unter hoher Unsicherheit besteht jedoch das Risiko von Fehlinvestitionen oder politisch motivierten Entscheidungen. Zudem könnte die EU in Zugzwang geraten, wenn nach einigen Jahren ein Weiterbetrieb der Gigafabriken nur mit zusätzlicher Förderung möglich ist.

— Standort: Innerhalb der EU unterscheiden sich mögliche Standorte für die geplanten KI-Gigafabriken deutlich im Hinblick auf Energiekosten.<sup>457</sup> Inwieweit Faktoren wie lokale Nachfrage, Kompetenz der Betreiber oder die Verfügbarkeit komplementärer Angebote einen Standort mit höheren Stromkosten rechtfertigen können, ist eine offene Frage. Entscheidend für eine mögliche KI-Gigafabrik in Deutschland ist die Identifikation eines geeigneten Standortes im Hinblick auf Strompreise und ausreichende Anschlusskapazitäten.

— Nutzung: Die geplanten KI-Gigafabriken sollen sowohl für Entwicklung und Training von KI-Modellen als auch für Inferenz eingesetzt werden.<sup>458</sup> Das erscheint sinnvoll, da die geplante Kapazität durch Entwicklung und Training allein nicht dauerhaft ausgelastet sein dürfte.

Die großen KI-Rechenkapazitäten in den USA werden zu einem hohen Maße von Unternehmen mit umfangreichen KI-Aktivitäten wie etwa OpenAI, Anthropic, Google und Meta genutzt, die zurzeit in Europa kein Pendant haben. Nutzer der KI-Gigafabriken werden daher oft Unternehmen mit geringer KI-Erfahrung sein. Für sie müssen die Gigafabriken nicht nur KI-Rechenkapazität, sondern auch ergänzende Angebote wie komplementäre Software und Beratung bereitstellen. Die Gigafabriken sollten zudem eng an bestehende Forschungs-, Kompetenz- und Start-up-Ökosysteme angebunden werden, um den Aufbau von Know-how und eine effektive Nutzung der Infrastruktur zu ermöglichen.

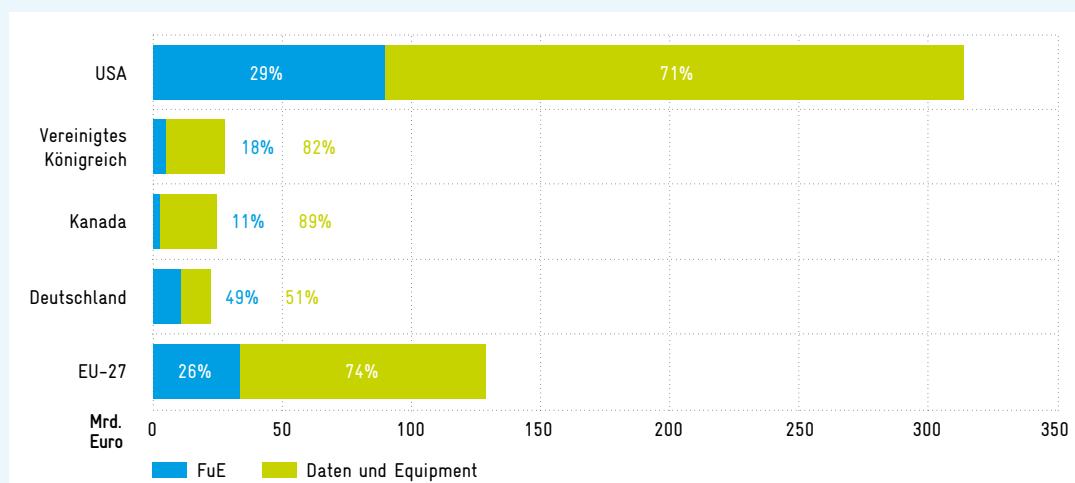
Eine Spezialisierung der KI-Gigafabriken nach Funktionen (Entwicklung und Training versus Nutzung) oder Anwendungsfeldern (z. B. Industrie oder Medizin) könnte helfen, eine kritische Masse an Kompetenz zu erreichen. Für Inferenz ist zudem zu beachten, dass die KI-Gigafabriken im globalen Wettbewerb stehen werden und daher effizienzorientierte Geschäftsmodelle erforderlich sind.

### B 3-5 Investitionen in KI

#### KI-Ausgaben in Deutschland stark auf Forschung ausgerichtet

Eine präzise Messung des privaten und öffentlichen Investitionsvolumens in KI ist methodisch anspruchsvoll.<sup>459</sup> In einer aktuellen Studie wurden diese Ausgaben für das Jahr 2023 für die EU-Mitgliedstaaten sowie – soweit durch Datenverfügbarkeit möglich – für ausgewählte außereuropäische Staaten geschätzt.<sup>460</sup> International vergleichbar sind KI-bezogene Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE)<sup>461</sup> sowie Ausgaben für Daten und Equipment<sup>462</sup> (vgl. Abbildung B 3-10). Dabei zeigt sich, dass die EU mit insgesamt rund 130 Milliarden Euro (0,75 Prozent des BIP) deutlich hinter den USA mit 310 Milliarden Euro (1,22 Prozent des BIP) zurückliegt. Deutschland trägt mit geschätzten Ausgaben von rund 20 Milliarden Euro einen in absoluten Zahlen erheblichen Beitrag zu den EU-weiten KI-Ausgaben bei, liegt gemessen am BIP mit 0,53 Prozent jedoch unter dem EU-Durchschnitt und weit hinter den USA.<sup>463</sup> Hinzu kommt, dass das Investitionsgeschehen im Jahr 2025 diesen Investitionsrückstand gegenüber den USA verschärft hat, mit deutlich steigenden Investitionen in den USA und langsamer steigenden Investitionen in Deutschland und im Rest der EU.

**Abb. B 3-10** Geschätzte KI-bezogene Ausgaben in ausgewählten Ländern 2023  
in Milliarden Euro



[Download der  
Abbildung  
und Daten](#)

Lesebeispiel: In Deutschland wurden 2023 KI-bezogene Ausgaben in Höhe von 22,1 Milliarden Euro getätigt. Davon sind 49 Prozent Ausgaben für Forschung und Entwicklung.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf OECD-Schätzungen in Fonteneau et al. (2025).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

In Deutschland machen die FuE-Ausgaben mit 49 Prozent einen relativ hohen Anteil an den Gesamtausgaben aus (vgl. Abbildung B 3-10). Im internationalen Vergleich der KI-bezogenen FuE-Ausgaben liegt die EU (33 Milliarden Euro, 0,19 Prozent des BIP) weit hinter den USA (90 Milliarden Euro, 0,35 Prozent des BIP).<sup>464</sup>

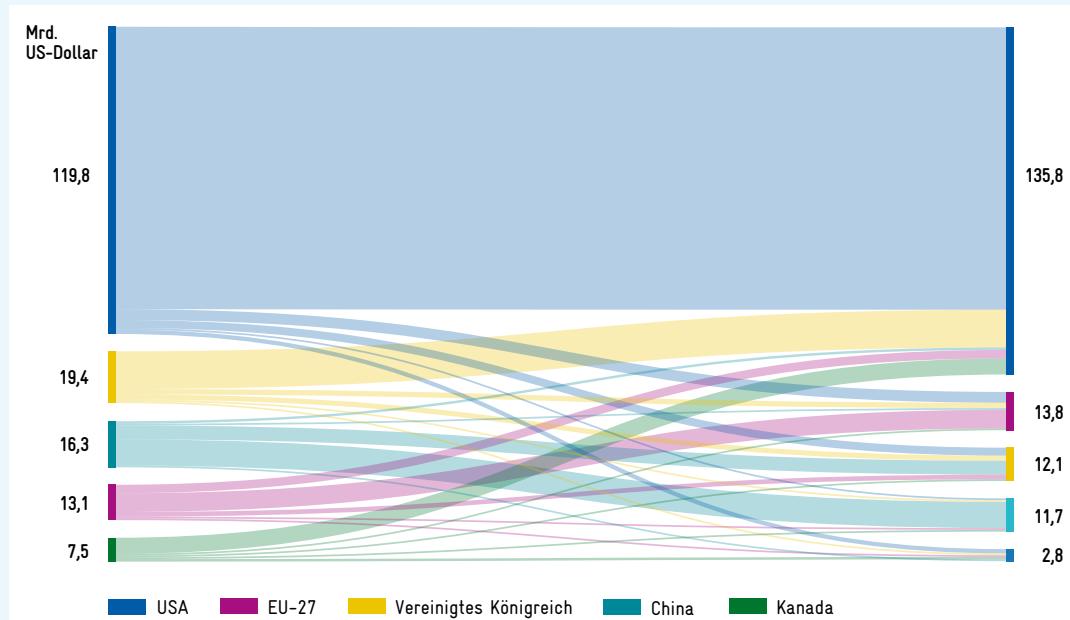
### Europäische Wagniskapitalinvestitionen ausbaufähig

Ein weiterer Indikator für innovationstreibende Ausgaben für KI, der einen internationalen Vergleich erlaubt, ist das Volumen privater Wagniskapitalinvestitionen. Ein Blick auf die privaten Wagniskapitalflüsse zwischen den fünf Regionen, aus denen weltweit am meisten KI-bezogenes Wagniskapital stammt, zeigt deutliche Unterschiede. EU-Investoren investierten im Jahr 2025 mit 13,1 Milliarden US-Dollar deutlich weniger Wagniskapital in KI als Investoren in den USA (119,8 Milliarden US-Dollar), im Vereinigten Königreich (19,4 Milliarden US-Dollar) und in China (16,3 Milliarden US-

Dollar) (vgl. Abbildung B 3-11).<sup>465</sup> Mögliche Gründe liegen in der Fragmentierung des europäischen Kapitalmarktes, restriktiven Anlagevorschriften für Versicherungen, dem Sparverhalten der Menschen sowie einer in höherem Maße umlagefinanzierten Altersvorsorge. Eine europäische Kapitalmarktunion, auch als Spar- und Investmentunion bezeichnet, könnte Abhilfe schaffen und die Chancen für Start-ups in der EU deutlich verbessern.<sup>466</sup>

Bei den insgesamt empfangenen Wagniskapitalinvestitionen in KI liegen in der EU ansässige Unternehmen mit ca. 13,8 Milliarden US-Dollar zwar auf Platz zwei, allerdings ungefähr gleichauf mit dem Vereinigten Königreich (12,1 Milliarden US-Dollar), das trotz seines deutlich kleineren Marktes ein vergleichbares Investitionsvolumen anzieht. Mit 53 Prozent stammt der größte Anteil der Wagniskapitalinvestitionen, die in der EU ansässige Unternehmen erhielten, aus der EU selbst, gefolgt von den USA (31 Prozent) und dem Vereinigten Königreich (15 Prozent). Die USA sind der Wirtschaftsraum, der am meisten KI-bezogenes Wagniskapital anzieht.

**Abb. B3-11** KI-bezogene Wagniskapitalflüsse zwischen Regionen 2025 in Milliarden US-Dollar



[Download der  
Abbildung  
und Daten](#)

Lesebeispiel: 2025 haben europäische Investoren ca. 13,1 Milliarden US-Dollar Wagniskapital in KI investiert. Die EU-27 empfingen im selben Zeitraum ca. 13,8 Milliarden US-Dollar KI-bezogener Wagniskapitalinvestitionen. Knapp 50 Prozent davon kamen aus der EU.

Die ausgewählten Regionen sind die fünf Ländergruppen, aus denen am meisten KI-bezogenes Wagniskapital stammt. Die Analyse umfasst ausschließlich die KI-bezogenen Wagniskapitalflüsse zwischen den fünf betrachteten Ländergruppen. Investitionen von Ländern oder in Länder außerhalb dieser Gruppen werden nicht berücksichtigt. Stand 5. Januar 2026.

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Daten von Prequin aufbereitet durch OECD.AI (2026).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2026.

## Öffentliche Förderlandschaft fragmentiert

Ein Blick auf die öffentlichen Investitionen in KI zeigt eine große Vielfalt an Förderprogrammen auf europäischer, nationaler und Bundesländerebene.<sup>467</sup> Die Förderung von KI-Forschung innerhalb des Forschungsrahmenprogramms der EU hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen, sowohl in Bezug auf die Anzahl finanzierter Projekte als auch in Bezug auf die Fördervolumina.<sup>468</sup> Daneben gibt es gezielte Digitalförderlinien auf EU-Ebene, die eher auf Anwendung abzielen, wie das Digital Europe Programme und das TechEU-Programm der Europäischen Investitionsbank. Für die nationale KI-Strategie Deutschlands stand zwischen 2018 und 2025 ein Budget von rund fünf Milliarden Euro zur Verfügung, von dem bis Ende 2024 lediglich 2,8 Milliarden für konkrete Projekte genutzt wurden.<sup>469</sup> Auch die Hightech Agenda Deutschland sieht Fördermittel in Höhe von rund 1,5 Milliarden Euro für KI vor. Belastbare Evaluationen, die kausale Aussagen zur Wirksamkeit der eingesetzten Fördermittel erlauben, liegen bislang nicht vor.<sup>470</sup>

## B 3-6 Datenverfügbarkeit

Für die Entwicklung leistungsfähiger KI-Modelle sind umfangreiche, hochwertige Daten erforderlich. Dabei sind sowohl breit angelegte als auch spezialisierte Datensätze wichtig: Allgemeine Daten (z. B. generelle Text-, Sprach- oder Bilddaten) liefern eine Basis für Grundlagenmodelle, während domänen-spezifische Anwendungen spezialisierte Daten (z. B. branchenspezifische Produktions-, Sensor- und Personendaten) erfordern. Geeignete Trainingsdaten verfügbar zu machen, ist eine Herausforderung. Viele Expertinnen und Experten sehen die mangelnde Datenverfügbarkeit – sowohl für allgemeine als auch für spezialisierte Modelle – als das größte Hemmnis der KI in Europa an, noch vor limitierter Rechenkapazität.<sup>471</sup>

### Entwicklung von KI-Grundlagenmodellen in EU durch DSGVO erschwert

US-amerikanische KI-Unternehmen verwenden zum Training großer KI-Modelle typischerweise öffentlich zugängliche Internetdaten. Rechtliche Unsicherheiten und daraus eventuell resultierende Gerichtsverfahren<sup>472</sup> scheinen im Interesse einer schnellen Marktreife in Kauf genommen zu werden. In Europa dagegen limitiert die DSGVO die

Nutzung von Internetdaten über den Schutz des Urheberrechts hinaus. Dazu kommt Unklarheit über die Auslegung der Gesetze; so wird es z. B. als unsicher angesehen, ob und in welchem Maße ein KI-Training mit Daten der Common Crawl Foundation<sup>473</sup> erlaubt ist. Diese Einschränkungen behindern Innovationen: So gibt es Grundlagenmodelle aus der deutschen Forschung, bei denen juristische Bedenken im Hinblick auf die DSGVO zu Verzögerungen von mehreren Monaten und letztendlicher Publikation der Modelle nur unter einer Forschungslizenz geführt haben, somit unter Ausschluss kommerzieller Nutzung.

Laut Rechtsexpertinnen und -experten verbietet eine strikte Auslegung der DSGVO den Einsatz personenbezogener Daten für das Training oder den Betrieb von KI-Systemen.<sup>474</sup> Damit verschlechtert die DSGVO mit ihrem Verbotsprinzip und Erlaubnisvorbehalt die Rahmenbedingungen für die Entwicklung von datenintensiven KI-Modellen in Europa. Der im November 2025 vorgestellte Digital-Omnibus der Europäischen Kommission schlägt Ausnahmen vor, die laut Rechtsexperten Härting das Problem für Unternehmen jedoch nicht lösen: „Das verworrene Geflecht von Ausnahmen und Ausnahmen von diesen Ausnahmen in Art. 9 Abs. 5 DSGVO wird in der Beratung dazu führen, als ‚sichersten Weg‘ zu empfehlen, beim Training und beim Betrieb von KI-Anwendungen vollständig auf besonders geschützte Personendaten zu verzichten.“<sup>475</sup>

Geradezu absurd mutet an, dass gleichzeitig US-amerikanische Anbieter ihre KI-Modelle in Europa erfolgreich vermarkten, deren Modell-Trainingspraktiken sich nicht an den Vorgaben der DSGVO orientieren.

### Skepsis gegenüber Datenaustausch bremst Entwicklung spezialisierter Modelle

Die für die Entwicklung spezialisierter KI-Modelle in der Industrie erforderlichen Daten sind zumeist proprietär und in der Hand verschiedener Unternehmen. Für ein effektives KI-Training ist es jedoch oft erforderlich, die Daten verschiedener Unternehmen zu kombinieren – was für den Schutz von Geschäftsgeheimnissen ebenso wie für den Datenschutz potenziell problematisch ist. Ein Lösungsansatz liegt in der Nutzung datenschutzfördernder Technologien, sogenannter Privacy Enhancing Technologies (vgl. Box B 3-12). Ein weiterer Ansatz liegt in der Verwendung von Trusted Data Intermediaries (TDIs).

### Box B 3-12 Beispiele von Privacy Enhancing Technologies zum sicheren Teilen von Trainingsdaten von KI-Modellen

**Multi-Party Computation:** ein kryptografisches Verfahren, bei dem mehrere Parteien gemeinsam Berechnungen auf ihren Daten durchführen, ohne dass sie ihre Rohdaten gegenseitig offenlegen müssen.

**Föderiertes Lernen:** ein verteiltes Lernverfahren, bei dem das KI-Modell zu den Daten gebracht wird und nicht umgekehrt. Die Daten bleiben dezentral (z.B. auf Geräten, in Kliniken, Unternehmen). Geteilt werden nur Modellparameter, nicht die Originaldaten.

**Synthetische Daten:** künstlich erzeugte Daten, die in ihren statistischen Eigenschaften realen Daten entsprechen, aber keine echten personenbezogenen Informationen enthalten. Sie dienen dazu, Modelle für maschinelles Lernen zu trainieren oder zu testen, wenn reale Daten nicht zugänglich, zu sensibel, lückenhaft oder teuer sind.

**Trusted Execution Environments:** Hardware-basierte Sicherheitsbereiche in Prozessoren, die Daten während der Verarbeitung abgeschirmt von Betriebssystem, Cloud-Anbieter oder Administratorinnen und Administratoren schützen.

Hierzu gehören Daten-Treuhänder, Datenräume wie beispielsweise Catena-X, ein Datenökosystem der Automobilbranche, und Datenmarktplätze.

Es existieren bereits diverse Initiativen, die das Teilen von Daten vereinfachen sollen. So hat die Mission KI von acatech das Ziel, Datenräume über Branchen- und Ländergrenzen hinweg zu vernetzen und so die Datenbasis, Standards und Qualitätsprüfungen für KI-Anwendungen in Deutschland zu stärken.<sup>476</sup> Im Zuge dessen wurden dort beispielsweise eine Datensatzsuchmaschine<sup>477</sup> und ein KI-basiertes Compliance-Prüfsystem für den sicheren Datenaustausch<sup>478</sup> entwickelt. Ein weiteres Beispiel kommt mit der Siemens Datenallianz aus dem Maschinenbau.<sup>479</sup>

Einer Bitkom-Umfrage im April 2025 zufolge nutzen 9 Prozent der befragten Unternehmen Datenräume, weitere 40 Prozent erwogen dies.<sup>480</sup> Im Rahmen des Important Project of Common European Interest (IPCEI<sup>481</sup>) Industrial AI ist geplant, die Verfügbarkeit von Daten aus der Industrie zu verbessern – u. a. soll hierbei an die Datenraum-Initiative Manufacturing-X angeknüpft werden.<sup>482</sup>

Im Rahmen ihrer Digitalstrategie hat die EU bereits einige Gesetze verfasst, die das Ziel haben, die Datenökonomie der EU zu stärken. So bezweckt der Data Governance Act, den Datenaustausch durch das Schaffen von Transparenz und Sicherheit für die Akteure zu stärken.<sup>483</sup> Der Data Act wiederum soll den fairen Zugang zu und die faire Nutzung von

Daten gewährleisten (insbesondere von Daten, die durch die Nutzung vernetzter Produkte und verbundener Dienste generiert werden).<sup>484</sup> Darüber hinaus gibt es sektorspezifische Datengesetze wie die European Health Data Space Regulation. Zwischen all diesen Gesetzen bestehen allerdings diverse inhaltliche Widersprüche,<sup>485</sup> sodass die Gesetzgebung aktuell ihren Zweck, das Teilen von Daten zu vereinfachen, verfehlt. Die Europäischen Kommission hat dieses Problem inzwischen erkannt. So ist die Harmonisierung und Vereinfachung der Datengesetzgebung<sup>486</sup> eine der drei Säulen der im November 2025 veröffentlichten Strategie der Europäischen Datenunion, die wiederum das explizite Ziel verfolgt, Daten für KI nutzbar zu machen.<sup>487</sup>

### B 3-7 Regulatorischer Rahmen und Förderangebote

#### Vereinfachung der Umsetzung des AI Act und anderer Digitalgesetze in Arbeit

Der AI Act, das zentrale Element der europäischen KI-Gesetzgebung, befindet sich seit Anfang dieses Jahres in der Umsetzung. Seit August 2025 gelten seine Bestimmungen für General Purpose AI, zu deren Erfüllung Richtlinien und ein Code of Practice veröffentlicht wurden.<sup>488</sup> Zum August 2026 tritt der Großteil der Vorschriften des AI Act in Kraft, dann beginnt auch die Durchsetzung. Die von den europäischen Normungskomitees CEN und CENELEC

im Auftrag der EU-Kommission entwickelten harmonisierten technischen Standards zur Unterstützung der Umsetzung des AI Act sind allerdings noch nicht finalisiert. Da sich die Standardentwicklung verzögert, befürchten Unternehmen, bis zum Inkrafttreten des AI Act nicht genug Zeit für die Implementierung zu haben. Zugleich zeigt sich, dass Teile des AI Act äußerst aufwendig in der Umsetzung sind – etwa bei Transparenzpflichten, Doppelregulierungen oder Abstimmungen mit bestehenden Digitalgesetzen.<sup>489</sup> Außerdem ist zu befürchten, dass die im AI Act vorgesehenen Standardisierungsprozesse KMU und Start-ups unzureichend berücksichtigen.<sup>490</sup>

Zur Vereinfachung der Digitalgesetzgebung hat die Europäische Kommission am 19. November 2025 das Digital-Omnibus-Paket vorgestellt.<sup>491</sup> Das erste Teilstück ändert zentrale bestehende Digitalregulierungen wie die DSGVO, die ePrivacy-Richtlinie und den Data Act. Das zweite Teilstück enthält Änderungen und Vereinfachungen des AI Act. Es sieht u. a. vor, dass die Pflichten für Hochrisiko-KI-Systeme ab dem 2. August 2026 nicht mehr automatisch gelten, sondern an die Verfügbarkeit der technischen Standards gekoppelt werden.<sup>492</sup> Zudem wurden einige KMU-Ausnahmen auf mittelgroße Unternehmen (small mid-caps) ausgeweitet und es wird – parallel zu den im AI Act vorgesehenen nationalen Reallaboren – ein KI-Reallabor auf europäischer Ebene anvisiert.<sup>493</sup>

Seit der Veröffentlichung des Omnibus-Vorschlags wird diskutiert, ob dieser tatsächlich nur Vereinfachungen umfasst oder auch substanzelle Deregulierungen, die Grund- und Bürgerrechte schwächen könnten. Kritische Stimmen kommen insbesondere aus Teilen des Europäischen Parlaments und aus der Zivilgesellschaft.<sup>494</sup> Angesichts der kontroversen Debatte ist offen, ob das Digital-Omnibus-Paket noch vor dem allgemeinen Anwendungsdatum des AI Act am 2. August 2026 verabschiedet wird. Bleibt eine Einigung aus, gelten zunächst die bisherigen Fristen des AI Act, was Unternehmen die Planung erschwert.<sup>495</sup> Vor diesem Hintergrund ist fraglich, ob eine rasche Einigung zustande kommt, die für Unternehmen und Entwickler von Hochrisiko-KI-Systemen kurzfristig Rechtssicherheit in der Umsetzung schaffen kann. Eine weitere Verzögerung birgt durch andauernde regulatorische Unsicherheit jedoch die Gefahr, Innovationen zu bremsen und Fehlentscheidungen zu begünstigen.<sup>496</sup>

Im August 2025 wurden die zentralen europäischen Governancevorgaben des AI Act wirksam, dazu gehören die Einrichtung des AI Board, des Scientific Panel sowie des Advisory Forum.<sup>497</sup> Auf operativer Ebene der EU wurden am 8. Oktober 2025 der AI Act Service Desk sowie die Single Information Platform in Betrieb genommen.<sup>498</sup> Sie sollen eine kohärente Umsetzung der Regulierung in den Mitgliedstaaten unterstützen, indem sie Informationsressourcen der nationalen Aufsichtsbehörden bündeln und mit praktischen Werkzeugen – etwa einem sogenannten Compliance Checker<sup>499</sup> – ergänzen.

Bezüglich der zuständigen deutschen Behörden hat das Bundesministerium für Digitales und Staatsmodernisierung (BMDS) im September 2025 einen Referentenentwurf präsentiert, der eine hybride Governance-Struktur vorsieht.<sup>500</sup> Die zentrale Rolle soll dabei die Bundesnetzagentur (BNetzA) übernehmen, die als Marktüberwachungs- und notifizierende Behörde, als zentrale Anlaufstelle für die EU-Kommission sowie als Betreiberin einer Beschwerdestelle dient. Ergänzend soll das Koordinierungs- und Kompetenzzentrum KI-Verordnung (KoKIV) in der BNetzA bei der Auslegung horizontaler Rechtsfragen unterstützen. Für sektorspezifische Anwendungen bleiben Fachbehörden wie die BaFin zuständig. Offen ist im Augenblick, wie die behördenübergreifende Koordination gestaltet wird, wie viel Autonomie die Fachbehörden in den Entscheidungen haben werden und ob tatsächlich ausreichende personelle Kapazitäten bei den involvierten Behörden (insbesondere bei der BNetzA) aufgebaut werden.<sup>501</sup>

### Öffentliche Unterstützungsangebote zur Einführung von KI in Unternehmen

Ein bedeutendes Projekt zur Unterstützung des Einsatzes von KI in Unternehmen ist das IPCEI zu industrieller KI, das im November 2025 startete.<sup>502</sup> In diesem Projekt arbeiten, koordiniert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), 13 EU-Länder gemeinsam an der Entwicklung neuer souveräner Grundlagenmodelle und weiterer spezialisierter Modelle für die Industrie. Durch das IPCEI können Projekte zwischen verschiedenen Mitgliedstaaten einfacher grenzüberschreitend gefördert werden. Deutschland stellt für diese Förderung eine Milliarde Euro bereit. Seit Anfang Dezember 2025 können sich Unternehmen mit Projektanträgen bewerben.

Der Einsatz von KI im Mittelstand wird durch Programme wie die vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderten KI-Kompetenzzentren<sup>503</sup> und die vom BMWE geförderten Mittelstand-Digital-Zentren sowie durch Landesinitiativen wie z. B. regionale KI-Labs unterstützt. All diese Programme sollen den Wissenstransfer stärken, finanzielle Hürden senken, Kompetenzen aufbauen und mittelständische Unternehmen bei der praktischen Einführung von KI-Technologien begleiten.<sup>504</sup>

Die von der EU-Kommission und den EU-Mitgliedstaaten ko-finanzierten European Digital Innovation Hubs (EDIH) zielen ebenfalls darauf ab.<sup>505</sup> Einer Studie des Joint Research Centre (JRC) zufolge erfüllen sie ihre Aufgabe, Unternehmen Wissen über die Einsatzmöglichkeiten von KI zu vermitteln.<sup>506</sup> Nachholbedarf bestehe jedoch in der Verbindung zu Regulierungsbehörden, Anbietern von KI-Reallaboren und Standardisierungsbehörden. Derzeit können EDIHs Unternehmen nur begrenzt als erste Anlaufstelle zur regulatorischen Unterstützung dienen und sollten zur Erfüllung dieser Aufgabe iterativ weiterentwickelt werden.

### B 3-8 Digitale Souveränität

Die digitale Souveränität Europas ist ein erklärtes Ziel der Bundesregierung<sup>507</sup> und ein wesentlicher Bestandteil des allgemeineren Konzepts der technologischen Souveränität, die man wie folgt definieren kann:

„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.“<sup>508</sup>

Digitale Souveränität bezieht sich in diesem Sinne auf digitale Technologien und Sicherheitsaspekte.<sup>509</sup> So ist KI als digitale Schlüsseltechnologie eine der Technologien, die im Hinblick auf digitale Souveränität relevant ist.

Digitale Souveränität ist nur unter den folgenden Voraussetzungen möglich:

- Technologie: Vermeiden einseitiger Abhängigkeiten von außereuropäischen Technologieanbietern u. a. in den Bereichen Cloud-Infrastrukturen, Betriebssysteme, künstliche Intelligenz und Halbleiter.
- Regulierung: die Möglichkeit, Normen zu setzen, statt Regeln anderer Länder zu übernehmen.

Digitale Souveränität ist wiederum Voraussetzung für Datenkontrolle, Sicherheit und den Erhalt gesellschaftlicher Werte:

- Daten: individuelle Kontrolle über die Daten europäischer Bürgerinnen und Bürger und Unternehmen.
- Sicherheit: Cybersicherheit, Schutz kritischer Infrastrukturen und die Fähigkeit zur digitalen Verteidigung.
- Gesellschaft: Wahrung europäischer Kultur und Werte wie Datenschutz, Meinungsfreiheit und demokratische Kontrolle.

Häufig geht mit den Voraussetzungen digitaler Souveränität auch eine starke eigene digitale Wertschöpfung einher.

#### Geringe digitale Souveränität Europas problematisch

Die digitale Souveränität Europas ist stark limitiert. Technologien außereuropäischer Unternehmen wie AWS, Microsoft, Nvidia und OpenAI dominieren im digitalen Bereich, bei KI-Patenten sowie -Modellen liegen Deutschland und Europa zurück (vgl. B 3-2). Im Hinblick auf Datenkontrolle schaffen die DSGVO und die Möglichkeit der Datenlokalisierung innerhalb der EU eine gewisse Sicherheit, die aber lückenhaft ist. Die Cybersicherheit Deutschlands und der EU ist eingeschränkt, weil zentrale digitale Infrastrukturen und sicherheitsrelevante Technologien nicht hinreichend unter eigener Kontrolle stehen. Wirtschaftlich hängt die EU stark von US-amerikanischen Anbietern ab. Im Jahre 2024 betrug das Defizit der EU gegenüber den USA im Handel mit – großenteils digitalen – Dienstleistungen 148 Milliarden Euro.<sup>510</sup> Dazu kommt ein Defizit allein der Euro-Zone gegenüber den USA im Transfer von Primäreinkommen in Höhe von 52 Milliarden Euro,<sup>511</sup> wobei grenzüberschreitende Zahlungen von

Tochtergesellschaften großer Tech-Konzerne an ihre Muttergesellschaft eine wichtige Rolle spielen. Europäische Kultur und Werte schließlich sind durch außereuropäische Inhalteanbieter gefährdet sowie durch KI-Systeme, die mit nicht-europäischen Daten trainiert wurden.

Die Konsequenzen dieser eingeschränkten digitalen Souveränität der EU sind hochproblematisch: Der Zugang zu Technologien außereuropäischer Anbieter ist nicht dauerhaft gewährleistet, was Europa erpressbar macht. So hatte z. B. Microsoft auf Druck der US-Regierung im Mai 2025 den E-Mail-Zugang des Chefanklägers des Internationalen Strafgerichtshofs blockiert.<sup>512</sup> Zudem bekundete US-Präsident Trump im November 2025, er wolle den Verkauf des neuesten GPU von Nvidia ins Ausland unterbinden.<sup>513</sup> Die Sicherheit europäischer Daten ist selbst auf Rechenzentren innerhalb der EU, die zwar von europäischen Unternehmen betrieben werden, aber technische Lösungen US-amerikanischer Anbieter verwenden, aufgrund der Vorgaben des US CLOUD Acts nicht vollständig gewährleistet.<sup>514</sup> Im Hinblick auf Regulierung ist die EU zwar scheinbar souverän, kann de facto jedoch aufgrund der Abhängigkeiten von außereuropäischen Technologien unter Druck gesetzt werden.<sup>515</sup> Das wirtschaftliche Ungleichgewicht bei digitalen Dienstleistungen zwischen der EU und den USA verschärft diese Problematik und spiegelt zudem die mangelnde Wettbewerbsfähigkeit und Wertschöpfung der EU im digitalen Bereich wider. Die Problematiken einer limitierten Cybersicherheit und schließlich einer Bedrohung europäischer Kultur und Werte sind offensichtlich. Ein gravierendes Beispiel für Letzteres ist das Leugnen des Holocaust durch Grok, das KI-Modell des Unternehmens xAI.<sup>516</sup>

Die Souveränität der EU speziell in der KI-Infrastruktur variiert je nach Komponente deutlich. Besonders kritisch ist die Situation bei GPUs, deren Markt von einem einzigen US-amerikanischen Unternehmen, NVIDIA, dominiert wird.<sup>517</sup> Zwar haben Rechenzentrumsbetreiber prinzipiell die Möglichkeit, Produkte anderer Anbieter einzusetzen, die aber ebenfalls aus den USA stammen. Diese einseitige Abhängigkeit von US-amerikanischen Unternehmen wird zunehmend politisch instrumentalisiert, wenngleich europäische Unternehmen in vorgelagerten Schlüsseltechnologien der Halbleiterfertigung über technologische Marktführerschaft verfügen, die in globalen Wertschöpfungs-

ketten als Druckmittel eingesetzt werden könnte.<sup>518</sup> Beispiele hierfür sind die EUV-Lithographie von ASML sowie die hierfür essenziellen Optiken und Lasersysteme von Zeiss und TRUMPF. Ähnlich problematisch wie bei KI-Chips ist die Situation bei hochperformanten KI-Modellen, die nahezu ausschließlich von US-amerikanischen und chinesischen Unternehmen stammen und deren Verwendung einen bedenklichen Lock-In-Effekt zur Folge hat.

Bei anderer Hardware, insbesondere bei Datenspeichern, ist die Situation etwas besser. Zwar stammen die wichtigsten Anbieter überwiegend aus den USA und Südkorea, jedoch besteht ein kompetitiver Markt, der Abhängigkeiten mindert. Bei ergänzender Software, z. B. für das Datenmanagement, existieren zumindest teilweise souveräne europäische Lösungen. Bei Betreibern von Rechenzentren und Standorten der Rechenzentren sind europäische Lösungen grundsätzlich verfügbar. Zur Verbesserung der digitalen Souveränität der EU und Deutschlands im Bereich KI setzt die EU auf die geplanten KI-Gigafabriken (B 3-4) und auf mit öffentlicher Unterstützung entwickelte KI-Modelle (B 3-2).

### Konsequent vorangetriebener Aufbau digitaler Souveränität erforderlich

Digitale Souveränität lässt sich nicht abrupt erzielen, sondern ist Ergebnis eines langfristigen und konsequenten Planes. Die Frage der digitalen Souveränität ist aus Sicht der Expertenkommission zentral für Deutschland und die EU, da technologische Abhängigkeiten politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Handlungsräume unmittelbar beeinflussen.

Bei KI steht die EU vor einer strategischen Gratwanderung: Einerseits gilt es, technologische Abhängigkeiten zu vermeiden, andererseits darf die Nutzung von KI nicht durch übermäßige Vorsicht und aufgrund eines Mangels an europäischen Lösungen verzögert werden. Notwendig ist daher ein ausgewogener Ansatz – Abhängigkeiten dort vorübergehend zu akzeptieren, wo sie unvermeidbar sind, zugleich aber systematisch auf deren Reduktion und langfristige Überwindung hinzuarbeiten.

Einer engeren Kooperation innerhalb der EU kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Beispielhaft dafür steht die von Wirtschaft und Politik in Frankreich und

Deutschland vorangetriebene EU AI Champions Initiative, unter deren Dach im November 2025 18 neue KI-bezogene Unternehmenspartnerschaften geschlossen wurden.<sup>519</sup> Es gibt allerdings skeptische Fragen dazu, wie die beabsichtigte Kooperation von zum Teil direkt konkurrierenden Unternehmen zur Entwicklung strategisch wichtiger Technologien gestaltet werden kann.<sup>520</sup>

Die Problematik der digitalen Souveränität zeigt sich besonders deutlich bei der inneren Sicherheit. In Deutschland wird die Nutzung der Analyse-Software Gotham des US-Unternehmens Palantir kontrovers diskutiert. Gotham greift auf große Datenmengen zu, z. B. auf Daten der Polizeibehörden, analysiert und verknüpft sie miteinander und generiert umfassende Lagebilder (wobei KI-Funktionen der Software in Deutschland wegen gesetzlicher Vorgaben beschränkt oder entfernt wurden).<sup>521</sup> Während das Bundesinnenministerium die automatisierte Datenauswertung und auch den Einsatz von KI als unverzichtbar einstuft,<sup>522</sup> äußern Datenschützerinnen und Datenschützer Bedenken wegen der Nähe Palantirs zu amerikanischen Geheimdiensten und militärischen Institutionen.<sup>523</sup> Zusätzlich ist die weitreichende Abhängigkeit von einem US-Unternehmen in einer sicherheitspolitisch zentralen Anwendung kritisch zu sehen.

### B 3-9 Handlungsempfehlungen

Künstliche Intelligenz hat sich rasant zu einer zentralen Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts entwickelt. Sie prägt zunehmend wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, internationale Wettbewerbsfähigkeit und gesellschaftliche Innovationen. Die Analyse zeigt deutlich: Deutschland und Europa verfügen zwar über starke Forschungslandschaften und erste Erfolge bei der Anwendung von KI, liegen aber im internationalen Vergleich, vor allem gegenüber den USA und China, bei der Entwicklung von KI-Modellen und der Umsetzung von KI in die Wertschöpfung zurück.

Es fehlt an leistungsfähiger Infrastruktur, die Forschung, Entwicklung und breite Anwendung von KI zuverlässig unterstützt und somit die digitale Souveränität Europas stärkt. Die dominante Rolle außereuropäischer Technologieanbieter sowie das wirtschaftliche Ungleichgewicht bei digitalen Dienstleistungen schaffen strukturelle Abhängigkeiten, die angesichts wachsender geopolitischer

Spannungen den verlässlichen Zugang zu zentralen Technologien infrage stellen und damit die digitale Souveränität Europas weiter gefährden. Darüber hinaus werden Energiepreise für KI-Entwicklung und -Betrieb zunehmend zu einem Standortfaktor.

Zudem bestehen Lücken bei der Datenverfügbarkeit, insbesondere im industriellen Bereich und im öffentlichen Sektor. Hinzu kommen regulatorische Vorgaben, die die Nutzung von Daten zum KI-Training in der EU stärker einschränken als im außereuropäischen Ausland. Nicht zuletzt bleibt die EU im Hinblick auf Wachstums- und Risikokapital für KI hinter den global führenden Ländern zurück. Dies stellt – ebenso wie die Fragmentierung des Binnenmarktes – ein Hindernis vor allem für Start-ups dar.

Vor diesem Hintergrund spricht die Expertenkommission Handlungsempfehlungen aus für eine europäisch gedachte und koordinierte KI-Politik, den Ausbau der KI-Infrastruktur, die Förderung exzenter Forschung, ein innovationsfreundliches Regelwerk, die gezielte Unterstützung der breiten wirtschaftlichen Anwendung von KI in Deutschland und der EU und eine Förderung der Start-ups im KI-Bereich und ihres Wachstums.

#### KI-Politik europäisch denken

Um den Vorsprung der USA und Chinas aufzuholen und nicht weiter in technologische Abhängigkeiten zu geraten, muss KI als Schlüsseltechnologie europäisch gedacht werden. Der Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Frankreich kommt als einer Art europäischer Impulsgeber dabei eine besondere Rolle zu.

Für eine agile und schlagkräftige europäische KI-Politik ist eine koordinierte Zusammenführung der Ressourcen und Kompetenzen auf EU-Ebene entscheidend. Einerseits gilt es, Förderstrukturen horizontal und vertikal zu harmonisieren und die Voraussetzungen durch Infrastrukturinvestitionen zu verbessern. Andererseits bedeutet es auch, von nationalen Partikularinteressen Abstand zu nehmen und innereuropäischen Wettbewerb zuzulassen, damit europäische Märkte aufgebaut werden können.

In diesem Sinne sollte Deutschland sich auf EU-Ebene als starke Stimme für die Zusam-

menarbeit beim Aufbau von Infrastruktur, beim Schaffen von Rechtssicherheit und bei der Förderung von KI in Forschung und Wirtschaft einsetzen und als größtes EU-Land vorangehen, den KI-Markt einheitlich europäisch und innovationsfreudlich zu gestalten.

- Zur Stärkung der Position der EU im globalen Wettbewerb sollte Deutschland auf EU-Ebene eine engere Zusammenarbeit mit leistungsfähigen demokratischen Partnern wie dem Vereinigten Königreich, Kanada, Japan und Südkorea anstreben, um gemeinsam einen dritten KI-Hub neben den USA und China aufzubauen.
- Um das Gesamtinvestitionsvolumen in KI in der EU zu erhöhen, werden neben öffentlichen Fördermitteln dringend private Investitionen benötigt. Dafür ist es unerlässlich, unternehmensfreundlichere Rahmenbedingungen zu schaffen, wie z. B. durch ein 28. Regime.
- Digital-Regulierungen auf EU-Ebene (Data Act, AI Act, DSGVO etc.) sollten in ihren nationalen Auslegungen harmonisiert, Widersprüche abgebaut und Erfüllungsanforderungen insbesondere für KMU und Start-ups vereinfacht werden. In diesem Sinne sollte sich die Bundesregierung bei der Ausgestaltung des Digital-Omnibusses für eine weitere Vereinfachung des AI Act einsetzen. Regulatorische Unsicherheit sollte möglichst schnell reduziert werden, da sie Innovationen bremst und zu Fehlentscheidungen führt.

### Europäische KI-Infrastruktur ausbauen

- Deutschland und die EU sollten beim Aufbau von Rechenzentren auf europäischer Ebene dynamische Ausbauziele verfolgen. Um international Anschluss zu halten, sollte sich die EU zum Ziel setzen, innerhalb der nächsten fünf Jahre 10 bis 15 Prozent der weltweiten Rechenkapazität bereitzustellen. Hierzu muss die Privatwirtschaft befähigt werden, den Ausbau zügig voranzutreiben. Das erfordert in Deutschland vereinfachte und beschleunigte Zulassungsverfahren für Rechenzentren sowie einen Ausbau der Energienetze.
- Die Rahmenbedingungen für die Gigafabriken müssen so gestaltet werden, dass sie kommerziell wettbewerbsfähig sind und nicht

auf Dauer subventioniert werden müssen. Das erfordert eine zeitliche Begrenzung der für öffentliche Anwendungen frei zur Verfügung zu stellende Rechenkapazität. Die Standortwahl sollte wirtschaftlichen Kriterien folgen, um politisch motivierte Entscheidungen zugunsten wirtschaftlich nicht tragfähiger Lösungen zu vermeiden. Die Expertenkommission empfiehlt, beim Aufbau der geplanten KI-Gigafabriken in der EU gestaffelt vorzugehen, sodass Lerneffekte genutzt werden können, Flexibilität gewahrt wird und auf technologische Entwicklungen reagiert werden kann.

- Insofern Rechenzentren mit staatlichen Mitteln aufgebaut werden (wie z. B. bei den KI-Fabriken und -Gigafabriken der EU), ist ein Begleitmonitoring einzurichten, das insbesondere Auslastung und Nutzungsarten erfasst und eine zielgerichtete Verwendung der Kapazitäten sicherstellt.
- Angesichts der kurzen Lebensdauer von GPUs erscheint eine verkürzte Abschreibungsdauer sinnvoll. Um die Nutzung der Rechenzentren für Unternehmen attraktiv zu gestalten, muss eine Regelung gefunden werden, die die privatwirtschaftliche Nutzung der staatlich finanzierten Infrastruktur ermöglicht.

- Der Aufbau der geplanten KI-Fabriken sollte dazu genutzt werden, innovative Lösungen europäischer junger Unternehmen im Rahmen einer vorkommerziellen Auftragsvergabe zu fördern. Als Beispiel kann der Einsatz der photonischen Coprozessoren des Unternehmens Q.ANT im Leibniz-Rechenzentrum in Garching dienen.

### Ambitionierte Forschung und Entwicklung zu KI unterstützen

- Deutschland und seine europäischen Partner sollten Forschung und Entwicklung an KI-Modellen vorantreiben, die das Potenzial für den nächsten grundlegenden Durchbruch in der globalen KI-Entwicklung bieten. In Anbetracht hoher Stromkosten sollte die Erforschung und Entwicklung energieeffizienterer Modelle systematisch unterstützt werden.

- Ein Kernhemmnis für das Trainieren europäischer KI-Modelle ist der rechtssichere Zugang zu Daten. Dazu sollten die DSGVO entsprechend angepasst werden, um das Trainieren von Grundlagenmodellen zu erleichtern, und Möglichkeiten für das gemeinsame Trainieren spezialisierter Modelle geschaffen werden (beispielsweise Datentreuhändermodelle und der rechtssichere Einsatz von Privacy Enhancing Technologies). Eine weitere Maßnahme wäre zudem im Kontext der generativen KI die Einführung des Missbrauchsprinzips, das die Verwendung von Daten grundsätzlich erlaubt, solange damit kein Missbrauch betrieben wird.
- Die zentralisierte und nutzerfreundliche Bereitstellung öffentlicher Daten – etwa durch Bundes-, Landes- und Kommunalverwaltungen – ist beschleunigt voranzutreiben.
- Um digitale Souveränität zu stärken und sicherheitsrelevante Abhängigkeiten von außereuropäischen KI-Anbietern zu reduzieren sowie die Entwicklung abgeleiteter Modelle zu erleichtern, sollte die Bundesregierung durch eine Förderung auf eine privatwirtschaftliche europäische Kooperation zur Entwicklung eines Open-Source-Grundlagenmodells hinwirken. Da die Wettbewerbsfähigkeit solcher Modelle eine iterative Weiterentwicklung erfordert, sollten die EU und ihre Mitgliedstaaten das Grundlagenmodell dauerhaft als Ankerkunden unterstützen.

### KI-Anwendung im öffentlichen Sektor stärken

- Der Einsatz von KI im öffentlichen Sektor sollte deutlich ausgeweitet werden. Dazu sollte der Aufbau einer deutschlandweiten, digital einheitlichen Verwaltungsinfrastruktur zügig vorangetrieben werden – etwa durch den Deutschland-Stack und unter Berücksichtigung von offenen europäischen Modellen zur

Gewährleistung europäischer digitaler Souveränität. Ein modularer Ansatz, der die Auswechslung einzelner Software-Elemente im Stack vereinfacht, kann hier Abhängigkeiten durch Lock-In-Effekte reduzieren.

- Es sollte geprüft werden, inwieweit der Einsatz deutscher und europäischer KI-Lösungen zur Stärkung der digitalen Souveränität beitragen kann, wenngleich sie gegenwärtig noch nicht in allen Bereichen das Leistungsniveau außereuropäischer Anbieter erreichen. Allerdings muss sichergestellt sein, dass der Einsatz solcher Lösungen die Anbieter nicht vom technologischen Wettbewerb abschirmt, sondern sie im Gegenteil dabei unterstützt, zur Weltspitze aufzuschließen.

### KI-Start-ups fördern

- Start-ups sollten durch häufigere Berücksichtigung bei öffentlichen Aufträgen unterstützt werden, beispielsweise durch die verstärkte Anwendung der in der HTAD vorgesehenen Sonder-Direktauftragsgrenze von 100.000 Euro für innovative Leistungen von Start-ups.
- Die Problematik der steuerlichen Behandlung von Mitarbeiterbeteiligungen an Start-ups sollte deutlich konsequenter angegangen werden, als dies mit dem Zukunftsfinanzierungsgesetz 2023 geschehen ist.
- Die Rahmenbedingungen für Wagniskapital sollten verbessert werden; zudem sollte die Spar- und Investmentunion auf EU-Ebene vorangetrieben werden.
- Die Bundesregierung sollte sich bei der EU für ein möglichst umfassendes 28. Regime einsetzen (vgl. Kapitel A 4), um die Fragmentierung des Binnenmarktes zu reduzieren und EU-Start-ups die Skalierung zu erleichtern.



C

# VERZEICHNISSE



## Inhalt

<b>C1</b>	Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen	127
<b>C2</b>	Abkürzungsverzeichnis	130
<b>C3</b>	Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem	133
<b>C4</b>	Literaturverzeichnis	134
<b>C5</b>	Endnotenverzeichnis	143
<b>C6</b>	F&I-Dashboard	170

# C1 Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen

<b>Box A 1-1</b>	20	Schlüsseltechnologien der HTAD	
<b>Abb. A 1-2</b>	22	Mittelwert der Publikationen in den Schlüsseltechnologien der HTAD für ausgewählte Länder und Regionen 2010–2012 und 2021–2023	
<b>Abb. A 1-3</b>	23	Mittelwert der transnationalen Patentanmeldungen in den Schlüsseltechnologien der HTAD für ausgewählte Länder und Regionen 2010–2012 und 2020–2022	
<b>Box A 1-4</b>	25	Strategische Forschungsfelder der HTAD	
<b>Box A 1-5</b>	26	Hebel der HTAD	
<b>Abb. A 1-6</b>	27	Schema 360-Grad-Hightech-Monitoring gemäß HTAD	
<b>Box A 1-7</b>	29	Vorschläge zur Offenlegung der finanziellen Anstrengung der Bundesregierung bei der Umsetzung der HTAD	
<b>Box A 1-8</b>	30	Vorschlag zur Messung der Diffusion von Schlüsseltechnologien der HTAD	
<b>Abb. A 1-9</b>	31	Anteil KI-integrierender und KI-nativer Organisationen in ausgewählten Ländern	
<b>Abb. A 1-10</b>	31	Anteil der Organisationen mit Aktivität im Themenbereich der alternativen Antriebe und klimaneutralen Kraftstoffen in ausgewählten Ländern	
<b>Box A 2-1</b>	35	Beispiele für die institutionelle Verankerung von sicherheitspolitisch relevanter Forschung und Lehre sowie Wissenstransfer	
<b>Abb. A 2-2</b>	36	Entwicklung der Bedeutung sicherheitsrelevanter Forschung an Hochschulen in den fünf der Befragung vorausgegangenen Jahren (Befragung Winter 2024/2025)	
<b>Abb. A 2-3</b>	37	Verbreitung der Bereiche Sicherheit undVerteidigung als Teil des Unternehmensportfolios, Anteil Unternehmen in Prozent	
<b>Box A 2-4</b>	37	Innovationszentrum der Bundeswehr in Erding	
<b>Box A 2-5</b>	39	Instrumente der innovationsorientierten Beschaffung im Gesetz zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr	
<b>Box A 2-6</b>	40	Agenturen in Deutschland zur Förderung von Sprunginnovationen	
<b>Abb. A 3-1</b>	42	Struktur des geplanten EU-Forschungsrahmenprogramms „FP10“ (2028–2034)	
<b>Tab. A 4-1</b>	49	Zentrale Elemente der Konzepte für ein 28. Regime	
<b>Abb. B 1-1</b>	56	Größenverteilung von mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen in Prozent (Mittelwert 2012–2023)	

<b>Abb. B 1-2</b>	57	<b>Tab. B 2-7</b>	84
Branchenverteilung von mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen in Prozent (Mittelwert 2012–2023)		Rangfolge der zehn deutschen Hochschulen mit den meisten Patentanmeldungen 2002–2022	
<b>Abb. B 1-3</b>	58	<b>Abb. B 2-8</b>	85
Innovationsaktivitäten und Einführung von Innovationen mittelständischer und nicht-mittelständischer Unternehmen (Anteil der Unternehmen in Prozent; Mittelwert 2020–2023)		Jährliche Patentanmeldungen von Universitäten und HAW pro 1.000 wissenschaftlich Beschäftigte 2004–2021	
<b>Box B 1-4</b>	61	<b>Abb. B 2-9</b>	86
Untersuchte Förderangebote		Entwicklung des Anteils der Ko-Patente mit Unternehmen an den jährlichen Patentanmeldungen von Universitäten und HAW 2002–2021	
<b>Abb. B 1-5</b>	63	<b>Abb. B 2-10</b>	88
FuE-Förderung an Unternehmen in Deutschland 2014–2023 in den fünf großen Förderangeboten von Bund, Ländern und der EU		Jährlicher Unterschied im durchschnittlichen Erfindungspotenzial einer wissenschaftlichen Publikation einer deutschen Hochschule im Vergleich zu Hochschulen in einem europäischen Spitzenland (oben) und in den USA (unten) 2002–2020	
<b>Box B 1-6</b>	65	<b>Abb. B 2-11</b>	90
Good-Practice-Beispiel „Regulatory Innovation Office“ im Vereinigten Königreich		Geschätzter Unterschied im realisierten Erfindungspotenzial zwischen einer wissenschaftlichen Publikation aus Deutschland und einer Publikation aus einer führenden europäischen Forschungsnation (oben) bzw. den USA (unten) 2002–2020	
<b>Abb. B 2-1</b>	76	<b>Tab. B 2-12</b>	91
Entwicklung des Hochschulpersonals in Deutschland 1997–2024		Rangfolge der zehn deutschen Hochschulen mit den meisten in Patentschriften zitierten wissenschaftlichen Publikationen 2002–2022	
<b>Abb. B 2-2</b>	78	<b>Box B 2-13</b>	91
Anteil Studierender nach Fächergruppen, Typ und Trägerschaft der Hochschule im WS 2024/25		Wichtige Förderprogramme für den Technologietransfer in Deutschland	
<b>Box B 2-3</b>	79	<b>Abb. B 3-1</b>	103
Beispiele für Transparenz über Lehrqualität		Voraussetzungen sowie Elemente der Entwicklung und Anwendung von KI	
<b>Abb. B 2-4</b>	80	<b>Box B 3-2</b>	104
Anteil internationaler Studierender nach Hochschultyp und Trägerschaft		Begriffe zu KI	
<b>Abb. B 2-5</b>	82	<b>Abb. B 3-3</b>	105
Jährliche Anzahl von Neugründungen in Deutschland von Personen mit Dr./Prof.-Titel (oben) bzw. mit Nennung des Unternehmens als Affiliation in wissenschaftlicher Publikation (unten) 2002–2021		Anzahl der Publikationen der Top-10-Länder im Bereich KI 2018, 2021 und 2024	
<b>Abb. B 2-6</b>	83		
Jährliche Patentanmeldungen von Universitäten, HAW und AUF 2002–2021			

<b>Abb. B 3-4</b>	106	Anteile der Publikationen zu generativer KI an den gesamten KI-Publikationen für ausgewählte Länder 2018, 2021 und 2024 in Prozent	<b>Abb. B 3-9</b>	112	Öffentlich dokumentierte Rechenkapazitäten in großen Rechenzentren für ausgewählte Länder 2025 in Millionen H100-Äquivalenten
<b>Abb. B 3-5</b>	107	Anzahl transnationaler KI-Patentanmeldungen der Top-10-Länder 2014–2022	<b>Abb. B 3-10</b>	114	Geschätzte KI-bezogene Ausgaben in ausgewählten Ländern 2023 in Milliarden Euro
<b>Abb. B 3-6</b>	108	Anzahl bedeutender KI-Modelle der Top-10-Länder 2017–2025	<b>Abb. B 3-11</b>	115	KI-bezogene Wagniskapitalflüsse zwischen Regionen 2025 in Milliarden US-Dollar
<b>Abb. B 3-7</b>	109	Anzahl der in Crunchbase erfassten KI-Unternehmen weltweit im Februar 2025	<b>Box B 3-12</b>	117	Beispiele von Privacy Enhancing Technologies zum sicheren Teilen von Trainingsdaten von KI-Modellen
<b>Abb. B 3-8</b>	110	Anteil der Unternehmen mit mehr als zehn Beschäftigten, die KI verwenden, in den Top-10-EU-Ländern 2023–2025 in Prozent			

# C2 Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence
AMD	Advanced Micro Devices
ANU	Australian National University
ARPA	Advanced Research Projects Agency
ASML	Advanced Semiconductor Materials Lithography
AUF	Außenuniversitäre Forschungseinrichtung
AWS	Amazon Web Services
BAAINBw	Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr
BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BDA	Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände e. V.
BMDS	Bundesministerium für Digitales und Staatsmodernisierung
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMFTR	Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
BRUEGEL	Brussels European and Global Economic Laboratory
BUDI	Bottom-up Drone Innovation
BwBBG	Bundeswehrbeschaffungsbeschleunigungsgesetz
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CIFRE	Convention Industrielle de Formation par la Recherche
CIHBw	Cyber Innovation Hub der Bundeswehr
CIS	Center for Comparative and International Studies
CLOUD	Clarifying Lawful Overseas Use of Data
CSS	Center for Security Studies
CUDA	Compute Unified Device Architecture
D-GESS	Departement für Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften
DAFG	Deutsche Anwendungsforschungsgemeinschaft
de:hub	Digital Hub Initiative
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIANA	Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic
DIHK	Deutsche Industrie- und Handelskammer
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
ECF	European Competitiveness Fund
EDA	Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten

<b>EDIH</b>	European Digital Innovation Hubs
<b>EFR</b>	Europäischer Forschungsraum
<b>EFRE</b>	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
<b>EIC</b>	European Innovation Council
<b>EISMEA</b>	European Innovation Council and SMEs Executive Agency
<b>ELSTER</b>	Elektronische Steuererklärung
<b>ERC</b>	European Research Council
<b>ERCEA</b>	European Research Council Executive Agency
<b>ERP</b>	European Recovery Program
<b>ESSU</b>	Europäisches Start-up- und Scale-up-Unternehmen
<b>ETH</b>	Eidgenössische Technische Hochschule
<b>EU</b>	Europäische Union; European Union
<b>EU-ESOP</b>	European Union Employee Share Option Pool
<b>EU-FAST</b>	European Union Fast Advanced Subscription Template
<b>EUV</b>	Extrem Ultraviolett
<b>EXIST</b>	Existenzgründungen aus der Wissenschaft
<b>F&amp;I</b>	Forschung und Innovation
<b>FIS</b>	Forschungsinformationssystem
<b>FP</b>	Forschungsrahmenprogramm
<b>FuE</b>	Forschung und Entwicklung
<b>GPT</b>	Generative Pre-trained Transformer
<b>GPU</b>	Graphics Processing Unit
<b>GUEuroHPC</b>	Gemeinsames Unternehmen für europäisches Hochleistungsrechnen
<b>HAW</b>	Hochschule(n) für angewandte Wissenschaften
<b>HPC</b>	High Performance Computing
<b>HTAD</b>	Hightech Agenda Deutschland
<b>IAB</b>	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit
<b>INNOZBw</b>	Innovationszentrum der Bundeswehr
<b>IP</b>	Intellectual Property
<b>IPCEI</b>	Important Project of Common European Interest
<b>IT</b>	Informationstechnik/-technologie
<b>IT4LIA</b>	Italy for Artificial Intelligence
<b>JAIF</b>	Jupiter AI Factory
<b>KfW</b>	Kreditanstalt für Wiederaufbau
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>KMU</b>	Kleine und mittlere Unternehmen
<b>KoKIVO</b>	Koordinierungs- und Kompetenzzentrum für die KI-Verordnung
<b>LPS</b>	Leistungsplansystematik
<b>MFR</b>	Mehrjähriger Finanzrahmen
<b>NATO</b>	North Atlantic Treaty Organization
<b>NFDI</b>	Nationale Forschungsdateninfrastruktur
<b>NSC</b>	National Security College
<b>NVA</b>	Nasjonalt vitenarkiv
<b>OECD</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development
<b>OIOO</b>	One-In-One-Out
<b>OITO</b>	One-In-Two-Out
<b>PATSTAT</b>	Patent Statistical Database

<b>PoC</b>	Proof of Concept
<b>PSN</b>	PATSTAT Standardized Name
<b>QPL</b>	Qualitätspakt Lehre
<b>RIO</b>	Regulatory Innovation Office
<b>SMEs</b>	Small and medium-sized enterprises
<b>SPRIND</b>	Bundesagentur für Sprunginnovationen
<b>TDI</b>	Trusted Data Intermediaries
<b>TEF</b>	Teaching Excellence Framework
<b>TPU</b>	Tensor Processing Unit
<b>TRL</b>	Technology Readiness Level
<b>TU</b>	Technische Universität
<b>US</b>	United States
<b>USA</b>	United States of America
<b>USIT</b>	University Spinout Investment Terms
<b>UTTER</b>	Unified Transcription and Translation for Extended Reality
<b>VBS</b>	Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
<b>VDA</b>	Verband der Automobilindustrie e. V.
<b>WIPANO</b>	Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen
<b>WS</b>	Wintersemester
<b>ZDH</b>	Zentralverband des Deutschen Handwerks e. V.
<b>ZEW</b>	Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim
<b>ZIM</b>	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

# C3 Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem

Im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 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](http://www.e-fi.de)) zugänglich. Die Ergebnisse fließen in das Gutachten der Expertenkommission ein.

## 1-2026

Grützmacher, J.; Meier, D. H. (2026): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2026. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

## 2-2026

De Monte, E.; Ehlich, J.; Gottschalk, S. (2026): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2026. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

## 3-2026

Schiersch, A.; Danne, C. (2026): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

## 4-2026

Peters, B.; Rammer, C.; Ehrlich, A. (2026): Innovationsbeteiligung, Innovationen und Produktivität in der deutschen Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

## 5-2026

Hottenrott, H.; Schaper, T. (2026): Wettbewerb und aktuelle Entwicklungen in Lehre und Transfer deutscher Hochschulen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

## 6-2026

Weber, M.; Dachs, B.; Rozgonyi, K.; Zweifler, Z.; Beckert, B.; Gruber, S.; Hummler, A.; Kroll, H.; Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Schwäbe, C.; Yang, P. (2026): Wege zur Stärkung der Forschung und Anwendung von künstlicher Intelligenz in Europa. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

## 7-2026

Kinne, J.; istari.ai GmbH (2026): ISTARI Insights Report: Schlüsseltechnologie-Monitor KI und klimaneutrale Mobilität. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

# C4 Literaturverzeichnis

- Achleitner, A.-K.; Kussel, G.; Pavleka, S.; Schmidt, C.M. (2023): Innovationssystem Deutschland: Die Fachkräfte sicherung in Deutschland unterstützen. acatech STUDIE. München: Acatech.
- Ackerberg, D.A.; Caves, K.; Frazer, G. (2015): Identification properties of recent production function estimators. *Econometrica*. 83(6). S. 2411–2451.
- Adam, D. (2019): Science funders gamble on grant lotteries. *Nature*. 575(7784). S. 574–575.
- Aghion, P.; Bergeaud, A.; Jaravel, X.; Fuest, C.; Malmendier, U.; Schnitzer, M. (2025): Boosting Productivity and Growth: A Franco-German Agenda for Europe. Franco-German Council of Economic Experts. Joint statement.
- Ahmadpoor, M.; Jones, B.F. (2017): The dual frontier. Patented inventions and prior scientific advance. *Science* (New York, N.Y.). 357(6351). S. 583–587.
- Allianz der Wissenschaftsorganisationen (2025): Recommendations for the Future of European Research and Innovation Policy. Pressemitteilung vom 22.09.2025.
- Allied for Startups (2025): Half-Measures Never Built a Champion. Joint Statement: MEP Repasi Report on the 28th Regime.
- AlpMomentum; Redstone; RWTH Aachen (2025): Redstone University Startup Index 2025. Europe's Trillion Euro Opportunity.
- Amann, M.; Essig, M. (2015): Public procurement of innovation. Empirical evidence from EU public authorities on barriers for the promotion of innovation. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 28(3). S. 282–292.
- Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (2016): Mitteilungen und Bekanntmachungen. Amtblatt der Europäischen Union. 59. Jahrgang.
- Andrews, R.J.; Fazio, C.; Guzman, J.; Liu, Y.; Stern, S. (2022): Reprint of “The startup cartography project. Measuring and mapping entrepreneurial ecosystems”. *Research Policy*. 51(9). S. 104581.
- Autor, D. (2022): The labor market impacts of technological change. From unbridled enthusiasm to qualified optimism to vast uncertainty: National Bureau of Economic Research.
- Autor, D. (2024): Applying AI to rebuild middle class jobs: National Bureau of Economic Research.
- Axenbeck, J.; Breithaupt, P. (2021): Innovation indicators based on firm websites—Which website characteristics predict firm-level innovation activity? *PLoS one*. 16(4). e0249583.
- Ayoubi, C.; Pezzoni, M.; Visentin, F. (2021): Does It Pay to Do Novel Science? The Selectivity Patterns in Science Funding. *Science and Public Policy*. 48(5). S. 635–648.
- Azoulay, P.; Fuchs, E.; Goldstein, A.P.; Kearney, M. (2019): Funding Breakthrough Research. Promises and Challenges of the “ARPA Model”. *Innovation Policy and the Economy*.
- BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2025): Gesamtverteidigung stärken. In Sicherheit investieren – Innovation treiben. Berlin: BDI.
- Belenzon, S.; Schankerman, M. (2013): Spreading the word. Geography, policy, and knowledge spillovers. *Review of Economics and Statistics*. 95(3). S. 884–903.
- Bergeaud, A.; Guillouzouic, A.; Henry, E.; Malgouyres, C. (2025): From public labs to private firms. Magnitude and channels of local R&D spillovers. *Quarterly Journal of Economics*. 140(4). S. 3233–3282.
- Berger, F.; Berghäuser, H.; Obeth, D.; Stolz, C.; Walter, A.; Waldbröl, S. (2025): Evaluation der SPRIND GmbH. Executive Summary/Zusammenfassung. Karlsruhe, Frankfurt, Berlin: Fraunhofer ISI, Technopolis, Schalast Law and Tax.
- Bertschek, I.; Bünstorf, G.; Cantner, U.; Häussler, C.; Schmidt, C.M.; Welter, F. (2025a): Keine Zeit verlieren in der Forschungs- und Innovationspolitik. *Policy Brief* 2-2025.
- Bertschek, I.; Bünstorf, G.; Cantner, U.; Häussler, C.; Schmidt, C.M.; Welter, F.; Dauchert, H.; Requate, T. (2024): Synergieeffekte zwischen ziviler und militärischer Forschung klug nutzen. *Wirtschaftsdienst*. 104(10). S. 677–682.
- Bertschek, I.; Heinemann, F.; Breithaupt, P.; Niebel, T.; Schildknecht, J.; Heumann, S.; Mahendran, T. (2025b): Berechnung des Digitalhaushalts. Wie viel investiert der Bund wirklich in die Digitalisierung? Berlin: Agora Digitale Transformation gGmbH.
- Bickenbach, F.; Görig, H.; Liu, W.-H. (2025): Transatlantic Ties beyond Goods Trade. Significance and Policy Implications of EU-US Services Trade. *Kiel Policy Brief*. 193. Kiel: Kiel Institut für Weltwirtschaft.
- Bird & Bird et al. (2025): EU-Inc Policy Proposal. An industry blueprint for the upcoming 28th regime. Europe.
- Bitkom e. V. (2025a): Data Economy und Data Act. Wo steht die deutsche Wirtschaft 2025? Berlin: BITKOM.
- Bitkom e. V. (2025b): DefTech Report 2025. Einblicke und Forderungen für den DefTech- und Dual-Use Standort Deutschland. Berlin: Bitkom e. V.
- Blandinières, F.; Steinbrenner, D. (2021): How does the evolution of R&D tax incentives schemes impact their effectiveness? Evidence from a meta-analysis: ZEW Discussion Papers.
- Blind, K.; Petersen, S.S.; Riillo, C.A.F. (2017): The impact of standards and regulation on innovation in uncertain markets. *Research Policy*. 46(1). S. 249–264.
- Bloch, C.; Utoft, E.; Stage, A.K.; Wooding, S. (2025): Risk-Taking and Research Funding. The Case of the Villum Experiment. Minerva.
- Block, J.H.; Spiegel, F. (2013): Family firm density and regional innovation output. An exploratory analysis. *Journal of Family Business Strategy*. 4(4). S. 270–280.
- Bloom, N.; Jones, C.I.; van Reenen, J.; Webb, M. (2020): Are ideas getting harder to find? *American Economic Review*. 110(4). S. 1104–1144.

- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2025): Eckpunkte zum Aufbau einer Work-and-Stay-Agentur. Berlin: BMAS.
- BMBF – Kroher, M.; Beuße, M.; Isleib, S.; Becker, K.; Ehrhardt, M.-C.; Gerdes, F.; Koopmann, J.; Schommer, T.; Schwabe, U.; Steinkühler, J.; Völk, D.; Peter, F.; Buchholz, S. (2023): Die Studierendenbefragung in Deutschland: 22. Sozialerhebung. Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in Deutschland 2021. Berlin: BMBF.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2024): Bundesbericht Forschung und Innovation 2024. Berlin: BMBF.
- BMFTR – Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (2025): Hightech Agenda Deutschland. Berlin: BMFTR.
- BMWE – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2025): Das ist EXIST. Berlin: BMWE.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): WIPANO – „Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“. Programminformation. Berlin: BMWK.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024a): Ausbau der Digital Hub Initiative. Kriterienkatalog. Berlin: BMWK.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024b): Wachstumsinitiative – neue wirtschaftliche Dynamik für Deutschland. Berlin: BMWK.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024c): Zweiter Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Start-up-Strategie der Bundesregierung. Berlin: BMWK.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024d): Richtlinie zur Förderung des Technologie- und Wissenstransfers zur wirtschaftlichen Verwertung innovativer Ideen von Unternehmen und Hochschulen „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“. Bekanntmachung. Bundesanzeiger: BMWK.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2025): Stand und Entwicklung des Rechenzentrumsstandorts Deutschland. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Berlin: BMWK.
- BNetzA – Bundesnetzagentur (2025): Netzentwicklung Stromübertragungsnetz. Genehmigung des Szenariorahmens 2025–2037/2045. Bonn: BNetzA.
- Bohne, A.; Heinemann, F.; Heinzel, C. (2025): The Future Ratio: A New Metric for Forward-Looking Fiscal Policy in Europe. Mannheim: ZEW.
- Bohne, A.; Heinemann, F.; Niebel, T.; Thöne, M. (2024): Die Zukunftsquote. Ein neuer Kompass für den Bundeshaushalt. Perspektiven der Wirtschaftspolitik. 25(2). S. 113–129.
- Bommans, 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.
- Bressan, S. (2024): Stellungnahme. Öffentliche Anhörung zum Thema „Nationale Koordinierung zukünftiger vernetzter Engagements und Einsätze der Bundeswehr“. Deutscher Bundestag – Enquete-Kommission Lehren aus Afghanistan für das künftige vernetzte Engagement Deutschlands. Kommissionsdrucksache 20(28)59.
- Brink, S.; Icks, A. (2025): Zukunftspanel Mittelstand 2025: Fachkräftemangel und digitale Transformation fordern den Fachkräftemangel weiterhin. Bonn: Institut für Mittelstandsforschung (IfM).
- Brökel, T. (2025): Die Förderung der Digitalisierung und Dekarbonisierung in Deutschland – Eine Analyse des Förderkatalogs. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6–2025. Berlin: EFI.
- Bundesagentur für Sprunginnovationen – SPRIND (2025): Deutschland braucht eine militärische Innovationagentur. Leipzig: SPRIND.
- Bundesvereinigung der Kanzlerinnen und Kanzler der Universitäten Deutschlands (2025): Positionspapier. Eine Realisierungs-offensive für Verwaltungsvereinfachung an Universitäten: Bundesvereinigung der Kanzlerinnen und Kanzler der Universitäten Deutschlands.
- Bund-Länder-Vereinbarung (2005): Exzellenzvereinbarung; Bund-Länder-Vereinbarung gemäß Artikel 91 b des Grundgesetzes (Forschungsförderung) über die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung von Wissenschaft und Forschung an deutschen Hochschulen: Bund-Länder-Vereinbarung.
- Bund-Länder-Vereinbarung (2022): Exzellenzstrategie; Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern gemäß Artikel 91b Absatz 1 des Grundgesetzes zur Förderung von Spitzenforschung an Universitäten: Bund-Länder-Vereinbarung.
- Burk, M.; Grindel, C.; Hetze, P. (2022): Transferkompass. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
- Burk, M.; Hetze, P. (2025): Hochschul-Barometer. Lage und Entwicklung der Hochschulen aus Sicht ihrer Leitungen, Ausgabe 2025. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.
- Cantner, U.; Grashof, N.; Grebel, T.; Zhang, X. (2023): When excellence is not excellent. The impact of the excellence initiative on the relative productivity of German Universities.
- Carayol, N.; Maublanc, F. (2025): Can money buy scientific leadership? The impact of excellence programs on German and French universities. Research Policy. 54(2). S. 105155.
- Carpentier, E.; Nepelski, D.; Torrecillas Jodar, J. (2025): Advancing AI Adoption. Strengths and Gaps in the European Digital Innovation Hubs Network – Insights from the first generation of EDIHs. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
- Caviggioli, F.; Marco, A. de; Scellato, G. (2020): Investigating the capabilities and the competitiveness of the EU vis-à-vis its main competitors in developing civilian technologies with critical spillovers into the defence. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
- CDU; CSU; SPD (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa, Eine neue Dynamik für Deutschland, Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Berlin: CDU; CSU; SPD.
- CDU; CSU; SPD (2025): Verantwortung für Deutschland. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 21. Legislaturperiode. Berlin: CDU, CSU, SPD.
- CESAER (2024): Strengthen dual-use technologies by enhancing EU defence funding. Leuven: CESAER.
- CHE – Centrum für Hochschulentwicklung (2020): CHECK – Transfereinrichtungen an deutschen Hochschulen: CHE.
- Civera, A.; Lehmann, E.E.; Paleari, S.; Stockinger, S.A.E. (2020): Higher education policy. Why hope for quality when rewarding quantity? Research Policy. 49(8). S. 104083.
- Cohen, W.M.; Nelson, R.R.; Walsh, J.P. (2002): Links and impacts. The influence of public research on industrial R&D. Management Science. 48(1). S. 1–23.
- Colombo, M.G.; Füner, L.; Guerini, M.; Hottenrott, H.; Souza, D. (2025): The State of European Entrepreneurship: Trends in Quantity and Quality in France, Germany, and the UK (2009–2023). ZEW Discussion Paper 25-052.
- Conti, A.; Gaule, P. (2011): Is the US outperforming Europe in university technology licensing? A new perspective on the European Paradox. Research Policy. 40(1). S. 123–135.
- Coschignano, E.; Isaak, N.; Jessen, R. (2025): Wachstumsbooster Arbeitsmarkt. Welchen Effekt hätte die Aktivierung des ungenutzten Arbeitskräftepotenzials in Deutschland? Zeitschrift für Wirtschaftspolitik. 74(1). S. 77–101.

- Costanzo, M.; Rucci, E.; Sánchez, C.G.; Naiouf, M.; Prieto-Matías, M. (2022): Assessing opportunities of SYCL for biological sequence alignment on GPU-based systems. arXiv preprint arXiv:2211.10769.
- Cremona, E.; Czyzak, P. (2025): Grids for datacenters. Ambitious grid planning can win Europe's AI race. London: EMBER.
- Cremonini, L.; Horlings, E.; Hessels, L.K. (2018): Different recipes for the same dish. Comparing policies for scientific excellence across different countries. *Science and Public Policy*. 45(2). S. 232–245.
- CSS – ETH Zürich – Center for Security Studies (2025): CSS Jahresbericht 2024. Zürich: ETH Zürich – Center for Security Studies (CSS).
- Czarnitzki, D.; Doherr, T.; Hussinger, K.; Schliessler, P.; Toole, A.A. (2016): Knowledge creates markets. The influence of entrepreneurial support and patent rights on academic entrepreneurship. *European Economic Review*. 86. S. 131–146.
- Czarnitzki, D.; Hussinger, K.; Schneider, C. (2012): The nexus between science and industry. Evidence from faculty inventions. *The Journal of Technology Transfer*. 37(5). S. 755–776.
- Czarnitzki, D.; Rammer, C.; Toole, A.A. (2014): University spin-offs and the “performance premium”. *Small Business Economics*. 43(2). S. 309–326.
- DAAD – Deutscher Akademischer Austauschdienst (2025a): Internationale Studierendenmobilität in Deutschland. Ergebnisbericht zum zweiten Benchmark internationale Hochschule (BintHo) im Wintersemester 2023/24. DAAD Studien: DAAD.
- DAAD – Kercher, J.; Knüttgen, N.; Netz, N.; Fuge, I. (2025b): Wissenschaft weltoffen 2025 kompakt: DAAD.
- DAAD; DZHW – Netz, N., Kercher, J., Knüttgen, N., & Fuge, I. (2025): Wissenschaft weltoffen 2025. Daten und Fakten zur Internationalität von Studium und Forschung in Deutschland und weltweit: DAAD; DZHW.
- Dealroom; Atlantic; MITO Technology; Cambridge Innovation Capital; Oxford Science Enterprises; Northern Gritstone (2025): European Spinouts. Report 2025.
- Demange, G.; Fenge, R.; Uebelmesser, S. (2020): Competition in the quality of higher education. The impact of student mobility. *International Tax and Public Finance*. 27(5). S. 1224–1263.
- Destatis – Deutsches Statistisches Bundesamt (2025a): Destatis Datenbank. Wiesbaden: Destatis.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2025b): Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in Unternehmen. Wiesbaden: Destatis.
- Deutsche Hochschulmedizin e.V. – Deutsche Hochschulmedizin e.V. (2025): Empfehlungen für Rahmenbedingungen zum Transfer von geistigem Eigentum in Spin-offs im Bereich Medical Life Science: Deutsche Hochschulmedizin e.V.
- Deutscher Bundestag (2025a): Abschlussbericht der Enquête-Kommission Lehren aus Afghanistan für das künftige vernetzte Engagement Deutschlands. Drucksache 20/14500.
- Deutscher Bundestag (2025b): Einsetzung des Kabinettausschusses Nationaler Sicherheitsrat und Geschäftsordnung des Nationalen Sicherheitsrates. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Drucksache 21/1460.
- Deutscher Bundestag (2025c): Entwurf eines Gesetzes zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Drucksache 21/1931.
- Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste – Fachbereich WD 8 (2025d): Zum Umgang mit geistigem Eigentum bei Ausgründungen. WD 8 – 3000 – 020/25: Deutscher Bundestag.
- Deutscher Bundestag (2026): Entwurf eines Gesetzes zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr. Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Wirtschaft und Energie (9. Ausschuss) zu dem Gesetzentwurf der Bundesregierung – Drucksache 21/1931. Drucksache 21/3635.
- Deutscher Bundestag – Ausschuss für Wirtschaft und Energie (2025): Stellungnahme Prof. Dr. Michael Eßig/Universität der Bundeswehr München. Gesetzentwurf der Bundesregierung. Entwurf eines Gesetzes zur beschleunigten Planung und Beschaffung für die Bundeswehr. BT-Drucksache 21/1931. Ausschussdrucksache 21(9)121.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2024): Förderatlas 2024. Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland: DFG.
- Die Bundesregierung (2018): Forschung und Innovation für die Menschen – Die Hightech-Strategie 2025. Berlin: Die Bundesregierung.
- Die Bundesregierung (2023a): Wehrhaft. Resilient. Nachhaltig. Integrierte Sicherheit für Deutschland. Nationale Sicherheitsstrategie. Berlin: Auswärtiges Amt.
- Die Bundesregierung (2023b): Zukunftstrategie Forschung und Innovation. Kurzfassung. Berlin: Die Bundesregierung.
- Die Bundesregierung (2025): Modernisierungsagenda – für Staat und Verwaltung. Für ein schnelles, digitales und handlungsfähiges Deutschland. Berlin: BMDS.
- DIHK – Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2022): Mit Innovationen Krisen meistern. Kurzbefragung zur Forschungszulage. Berlin, Brüssel: DIHK.
- Dill, D.D.; Soo, M. (2005): Academic quality, league tables, and public policy. A cross-national analysis of university ranking systems. *Higher education*. 49(4). S. 495–533.
- 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.
- Dosi, G.; Llerena, P.; Labini, M.S. (2006): The relationships between science, technologies and their industrial exploitation. An illustration through the myths and realities of the so-called ‘European Paradox’. *Research Policy*. 35(10). S. 1450–1464.
- Draghi, M. (2024): The future of European competitiveness. Part A. A competitiveness strategy for Europe: Publications Office of the European Union.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2012): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2012. Berlin: EFI.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2016): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016. 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.

- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2024): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024. Berlin: EFI.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2025): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2025. Berlin: EFI.
- EIB – European Investment Bank (2024): The scale-up gap. Financial market constraints holding back innovative firms in the European Union. Luxemburg: EIB.
- EIC – European Innovation Council (2025): European Innovation Council Board Statement on the Commission's FP10 Proposal: EIC.
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021): Verordnung (EU) 2021/695 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. April 2021 zur Einführung von „Horizont Europa“.
- EP – Europäisches Parlament (2025): The 28th regime. Briefing. Brüssel: EP.
- Erhardt, S.; Ghosh, M.; Buunk, E.; Rose, M.; Harhoff, D. (2024): Logic Mill – A Knowledge Navigation System. CEUR Workshop Proceedings 3775. S. 25–35.
- Europäische Kommission (2020): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ein neuer EFR für Forschung und Innovation. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2021): Verordnung (EU) 2021/695 des Europäischen Parlaments und des Rates. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2025): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnungen (EU) 2021/694, (EU) 2021/695, (EU) 2021/697, (EU) 2021/1153, (EU) 2023/1525 und (EU) 2024/795 im Hinblick auf Anreize für verteidigungsbezogene Investitionen im EU-Haushalt zur Umsetzung des Plans „ReArm Europe“. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäisches Patentamt; Fraunhofer ISI (2024): The role of European universities in patenting and innovation. A study of academic inventions at the EPO. München: Europäisches Patentamt, Fraunhofer ISI.
- European Commission (2023): Evaluation Study on the European Framework Programmes for Research and Innovation for Addressing Global Challenges and Industrial Competitiveness – Focus on Activities for the Digital and Industrial Transition. Brussels: European Commission.
- European Commission (2024): Align, act, accelerate – Research, technology and innovation to boost European competitiveness. Brussels: European Commission.
- European Commission (2025a): A Competitiveness Compass for the EU. 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. Brussels: European Commission.
- European Commission (2025b): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The EU Startup and Scaleup Strategy. Choose Europe to start and scale. Brussels: European Commission.
- European Commission (2025c): Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on establishing the European Competitiveness Fund ('ECF'), including the specific programme for defence research and innovation activities, repealing Regulations (EU) 2021/522, (EU) 2021/694, (EU) 2021/697, (EU) 2021/783, repealing provisions of Regulations (EU) 2021/696, (EU) 2023/588, and amending Regulation (EU) [EDIP]. Brussels: European Commission.
- European Commission (2025d): Regulation of the European Parliament and of the Council establishing Horizon Europe, the Framework Programme for Research and Innovation, for the period 2028-2034, laying down its rules for participation and dissemination, and repealing Regulation (EU) 2021/695. Brussels: European Commission.
- European Commission (2025e): Europe's Budget – Horizon Europe (2028–2034). Brussels: European Commission.
- European Innovation Council (2025a): European Innovation Council (EIC) Work Programme 2026: EIC.
- European Innovation Council (2025b): Scaling Deep Tech in Europe: EIC.
- Eurostat (2014): Manual on measuring Research and Development in ESA 2010. Brüssel: Eurostat.
- Eurostat (2025a): Graduates by education level, programme orientation, sex and field of education 2005–2023.
- Eurostat (2025b) Artificial intelligence by size class of enterprise 2021–2025.
- Feliciani, T.; Luo, J.; Shankar, K. (2024): Funding lotteries for research grant allocation. An extended taxonomy and evaluation of their fairness. Research Evaluation. 33.
- Fels, M.; Wolter, H.-J. (2022): Die volkswirtschaftliche Bedeutung von Familien- und Frauenunternehmen: Daten und Fakten.
- Fleming, L.; Sorenson, O. (2004): Science as a map in technological search. Strategic Management Journal. 25(8-9). S. 909–928.
- Franzoni, C.; Stephan, P. (2023): Uncertainty and risk-taking in science. Meaning, measurement and management in peer review of research proposals. Research Policy. 52(3). S. 104706.
- Franzoni, C.; Stephan, P.; Veugelers, R. (2022): Funding Risky Research. Entrepreneurship and Innovation Policy and the Economy. 1. S. 103–133.
- Fraunhofer ISI – Kulicke, M.; Meyer, N.; Stahlecker, T.; Jackwerth, T. (2019): Evaluation des Programms WIPANO – „Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Frey, B.S.; Osterloh, M.; Rost, K. (2023): The rationality of qualified lotteries. European Management Review. 20(4). S. 698–710.
- Frietsch, R.; Schubert, T.; Rammer, C.; Garcia Chavez, C.; Gruber, S.; Maruseva, V.; Born, D. (2025): Innovationsindikator 2025. Berlin: Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.
- Fritsch, M.; Wyrwich, M. (2021): Is innovation (increasingly) concentrated in large cities? An international comparison. Research Policy. 50(6). S. 104237.
- Fuest, C.; Gros, D.; Mengel, P.-L.; Presidente, G.; Rujan, C. (2025): Funding Ideas, Not Companies – Rethinking EU Innovation Policy from the Bottom Up. Milan: Institute for European Policymaking, Bocconi University, EconPol, ifo Institute.
- Fuest, C.; Gros, D.; Mengel, P.-L.; Presidente, G.; Tirole, J.J. (2024): EU innovation policy. How to escape the Middle Technology Trap. CESifo EconPol, Università Bocconi, Toulouse School of Economics.
- Gebert, M.; Hetze, P. (2025): Innovationen gemeinsam steuern, gemeinsam gestalten. Vorschläge für einen kooperativen Föderalismus in der Hightech Agenda Deutschland. Policy Paper 4/25. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
- Gebert, M.; Hetze, P.; Burk, M.; Antonova-Baumann, S. (2025): Mit Sicherheit zu mehr Innovationen. Wie Hochschulen sicherheitsrelevante Forschung bewerten – Ergebnisse aus dem Hochschul-Barometer 2024/2025. Policy Paper 2/25. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
- Gebert, M.; Wächter, M. (2024): Gelingensbedingungen von Roadmapping. Ein Prozessvorschlag für missionsorientiertes

- Roadmapping – Teil 1. Policy Paper 3/24. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
- Geis-Thöne, W.; Obst, T.; Plünnecke, A.; Betz, J. (2025): Volkswirtschaftliche Effekte der Zuwanderung über die Hochschulen. Auswirkungen auf öffentliche Haushalte und Wertschöpfung in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD), Köln/Berlin.
- Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2016): Exzellenzstrategie; Bekanntmachung der Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern gemäß Artikel 91b Absatz 1 des Grundgesetzes zur Förderung von Spitzenforschung an Universitäten: Gemeinsame Wissenschaftskonferenz.
- Giebel, M.; Rösner, A. (2025): Reaching for the society. The commercialization effects of NASA technology licensing. *Research Policy*. 54(10). S. 105337.
- Gläser, J.; Krauth, W.-H.; Windbichler, C.; Zürn, M. (2021): Befangenheit und Expertise in Berufungsverfahren. Ein wissenschaftspolitischer Denkanstoss. Denkanstöße aus der Akademie – Eine Schriftenreihe der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW). 4.
- Gläser, J.; Laudel, G. (2016): Governing Science. *European Journal of Sociology*. 57(1). S. 117–168.
- Gordon, R. (2012): Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Gottschalk, S.; Rodepeter, E. (2025): IAB-ZEW Gründungspanelreport: Mannheim und Nürnberg: ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung und Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB).
- Götze, N.; Krücken, G.; Seidenschmür, T. (2022): Reflexionspfade bei Ausschreibungswettbewerben. Die Exzellenzinitiative und der Qualitätspakt Lehre im Vergleich.
- Grienberger, K.; Matthes, B.; Paulus, W. (2024): Vor allem Hochqualifizierte bekommen die Digitalisierung verstärkt zu spüren. IAB Kurzbericht: IAB.
- Güceri, I.; Liu, L. (2019): Effectiveness of fiscal incentives for R&D. Quasi-experimental evidence. *American Economic Journal: Economic Policy*. 11(1). S. 266–291.
- Guerrero, M.; Cunningham, J.A.; Urbano, D. (2015): Economic impact of entrepreneurial universities' activities. An exploratory study of the United Kingdom. *Research Policy*. 44(3). S. 748–764.
- Guzman, J.; Stern, S. (2020): The state of American entrepreneurship. New estimates of the quantity and quality of entrepreneur-ship for 32 US States, 1988–2014. *American Economic Journal: Economic Policy*. 12(4). S. 212–243.
- Hachmeister, C.-D. (2025): DatenCHECK 4/2025: Drittmittel an Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW). Gütersloh.
- Hachmeister, C.-D.; Rischke, M.; Roessler, I.; Berghäuser, H.; Kroll, H. (2024): Nicht staatliche Hochschulen im Innovationsystem – Strukturanalyse und Clusterung privater und kirchlicher Hochschulen. CHE Impulse. Nr. 15. Gütersloh, Karlsruhe.
- Hamann, J.; Stein, D. (2025): What is 'high-risk research'? Comparing the social sciences and humanities and the natural sciences. *Science and Public Policy*. 52(1). S. 81–91.
- Hanschur, L.; Henkel, J. (2025): Open Source AI. Strategic Motives for the Selective Revealing of AI System Components.
- Harhoff, D. (2025): Technologietransfer – Aber schneller und besser.
- Haug, G.; Krieg, T.; Auer, M.; Barner, A.; Broer, F.; Di Fabio, U.; Engels, D.; Gruss, P.; Hornig, F.; Kreutz-Gers, W.; Krull, W.; Kühl, S.; Stückradt, M.; Voßkuhle, A. (2025): Mehr Freiheit - weniger Regulierung. Vorschläge für die Entbürokratisierung des Wissenschaftssystems. Leopoldina Diskussion. 36. Halle (Saale): Leopoldina.
- Häussler, C.; Harhoff, D.; Mueller, E. (2014): How patenting informs VC investors – The case of biotechnology. *Research Policy*. 43(8). S. 1286–1298.
- Häussler, C.; Peter, A. (2026): From Discovery to Impact: Mapping the Science-to-Innovation Supply Chain.
- Heinemann, F.; Bohne, A.; Breithaupt, P.; Doherr, T.; Licht, G.; Niebel, T.; Thöne, M. (2021): Studie zur Einführung einer Zukunftsquote. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Mannheim: ZEW.
- Henkel, J.; Baldwin, C.; Shih, W. (2013): IP Modularity. Profiting from Innovation by Aligning Product Architecture with Intellectual Property. *California Management Review*.
- Henkel-Waidhofer, B.J. (2024): Studiengebühren für Nicht-EU-Ausländer werden nicht abgeschafft. Stuttgart.
- Herberholz, L. (2023): A new facet of cumulative advantage in higher education finance. *Science and Public Policy*. 50(5). S. 819–830.
- Herbst, V.; Henkel, J.; Shermon, A. (2024): The Influence of Regulatory Uncertainty on Entry in Nascent Industries. Evidence from the U.S. Drone Industry. mimeo.
- Herrera, F.; Guerrero, M.; Urbano, D. (2018): Entrepreneurship and innovation ecosystem's drivers. The role of higher education organizations. In: *Entrepreneurial, innovative and sustainable ecosystems: Best practices and implications for quality of life*. Springer.
- Hess, J.C.; Sieker, F. (2025): Built for Purpose? Demand-Led Scenarios for Europe's AI Gigafactories. Berlin: interface; Bertelsmann Stiftung.
- Hicks, D.; Breitzman Sr, A.; Hamilton, K.; Narin, F. (2000): Research excellence and patented innovation. *Science and Public Policy*. 27(5). S. 310–320.
- Hill, C.W.L.; Rothaermel, F.T. (2003): The performance of incumbent firms in the face of radical technological innovation. *Academy of management review*. 28(2). S. 257–274.
- Hintermann, R.; Hinterholzer, S. (2025): Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklungen. Berlin: Bitkom e.V.
- Holz, M.; Icks, A.; Kranzusch, P.; Löher, J.; Pahnke, A. (2025): Praxischecks – ein wirksames Instrument zum Abbau bürokratischer Belastungen? IfM-Materialien.
- Hottenrott, H.; Schaper, T. (2026): Wettbewerb und aktuelle Entwicklungen in Lehre und Transfer deutscher Hochschulen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 5-2026. Berlin: EFI.
- HRK – Hochschulrektorenkonferenz (2024): Statistische Daten zu Studienangeboten an Hochschulen in Deutschland Wintersemester 2024/2025. Studiengänge, Studierende, Absolventinnen und Absolventen. Statistiken zur Hochschulpolitik. 1/2024: HRK.
- HRK – Hochschulrektorenkonferenz (2025): Hochschulen in Zahlen 2025: HRK.
- Iaria, A.; Schwarz, C.; Waldinger, F. (2018): Frontier knowledge and scientific production. Evidence from the collapse of international science. *Quarterly Journal of Economics*. 133(2). S. 927–991.
- IEA – International Energy Agency (2025): Energy and AI. Paris: IEA.
- IEKE – Internationale Expertenkommission zur Evaluation der Exzellenzinitiative (2016): Endbericht: IEKE.
- Jaffe, A.B. (1989): Real effects of academic research. *American Economic Review*. S. 957–970.
- Jones, R.S.; Beom, J.: Policies to increase youth employment in Korea. Paris: OECD.
- Judkevič, M.M.; Altbach, P.G.; Salmi, J. (2023): Academic star wars. Excellence initiatives in global perspective. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

- Kasneci, E.; Seßler, K.; Küchemann, S.; Bannert, M.; Dementieva, D.; Fischer, F.; Gasser, U.; Groh, G.; Günemann, S.; Hüllemeier, E. (2023): ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and individual differences*. 103. S. 102274.
- Kay, R.; Pahnke, A.; Welter, F. (2024): Chapter 9: Family business succession planning: do outcomes depend on the predominant gender on the management board? In: *Women in Family Business*: Edward Elgar Publishing.
- Kessler, M.S.; Kürzel, M.; Thurmann, J.-F.; Traeger, L. (2025): Gründungsradar 2025. Wie Hochschulen Unternehmensgründungen fördern. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
- Keustersmans, L.; Alexander, D.; Höock Hansen, T.; Vercruyse, T.; Jäger, C.; LERU ERPM Policy Group (2025): Simplification in Horizon Europe. LERU's feedback on the simplification measures introduced in, and proposed for, the 2025 and the 2026-2027 Horizon Europe Work Programmes. Leuven: LERU Office.
- Kilian, R.; Jäck, L.; Ebel, D. (2025): European AI Standards – Technical Standardization and Implementation Challenges under the EU AI Act. *SSRN Electronic Journal*.
- Kinne, J.; istari.ai GmbH (2026): Schlüsseltechnologie-Monitor KI und klimaneutrale Mobilität. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 7-2026. Berlin: EFI.
- KMK – Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2025): Vorausberechnung der Studienanfänger- und Studierendenzahlen 2024 bis 2035. Berlin: KMK.
- Köhler, C.; Laredo, P.; Rammer, C. (2012): The Impact and Effectiveness of Fiscal Incentives for R&D: Compendium of Evidence on the Effectiveness of Innovation Policy.
- König, J.; Otto, A.; Briedis, K.; Gäckle, S. (2024): Karriereentscheidungen und -verläufe Promovierter unter besonderer Berücksichtigung der Befristung. Begleitstudie zum Bundesbericht Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einer frühen Karrierephase (BuWiK) 2025. Kassel:
- Krieger, B. (2024): Heterogeneous university funding programs and regional firm innovation. An empirical analysis of the German Excellence Initiative. *Research Policy*. 53(5). S. 104995.
- Krieger, J.L.; Schnitzer, M.; Watzinger, M. (2024): Standing on the shoulders of science. *Strategic Management Journal*. 45(9). S. 1670–1695.
- Krücken, G. (2008): Zwischen gesellschaftlichem Diskurs und organisationalen Praktiken. Theoretische Überlegungen und empirische Befunde zur Wettbewerbskonstitution im Hochschulbereich. In: *Perspektiven der Hochschulforschung*: Springer.
- Kulicke, M. (2023): Spin-offs aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland und weiteren Ländern. Aufbereitung aktueller Studien und Datenbestände zum Forschungsumfeld, der jährlichen Zahl an Spin-offs und Beteiligungen ihrer Herkunfts einrichtungen. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Kulicke, M. (2025): Transfer von geistigem Eigentum / Intellectual Property (IP) – Die Sicht von Ausgründungen, Wissenschaftseinrichtungen und Frühphasenfinanzierern. Ergebnisse aus drei Befragungen im SPRIND-Pilotprojekt IP-Transfer 3.0. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Kwon, D. (2025): How to stop the revolving door of German academia. *Nature*. 647(8091). S. 27–S29.
- Kyosovska, N.; Renda, A. (2025): EU plans for AI (giga)factories. Sanctuaries of innovation, or cathedrals in the desert? Brüssel: CEPS.
- Langfeldt, L. (2025): The Many Dilemmas of Grant Peer Review. In: Sivertsen, G.; Langfeldt, L.: Challenges in Research Policy. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Leibniz-Gemeinschaft (2022): Handreichung für die Planung und Durchführung gemeinsamer Berufungen an Leibniz-Einrichtungen.
- Letta, E. (2024): Much more than a market. Speed, security, solidarity. Empowering the single market to deliver a sustainable future and prosperity for all EU Citizens.
- Lübbbers, T.; Plöger, M.; El-Madani, S.; Lübbe, K.; Wilske, K. (2024): Begleitende und Ex-post-Evaluation des Förder schwerpunkts Mittelstand-Digital. Abschlussbericht.
- Luebber, F.; Krach, S.; Paulus, F.M.; Rademacher, L.; Rahal, R.-M. (2025): Lottery before peer review is associated with increased female representation and reduced estimated economic cost in a German funding line. *Nature Communications*. 16(1). S. 9824.
- Luukkonen, T. (2012): Conservatism and risk-taking in peer review. *Emerging ERC practices. Research Evaluation*. 21(1). S. 48–60.
- Märkel, C.; Happ, M.; Gesmann-Nuissl, D.; Tas, S.; Lundborg, M.; Wiewiorra, L. (2025): Umsetzung des Data Act in Deutschland. Bad Honnef: BNetzA.
- Martinaitis, Z.; Kravchyk, V.; Chachava, M. (forthcoming): Future of AI. Forward Looking Analysis of European Industries AI Use. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
- Marx, M.; Fuegi, A. (2020): Reliance on science. Worldwide front-page patent citations to scientific articles. *Strategic Management Journal*. 41(9). S. 1572–1594.
- Marx, M.; Fuegi, A. (2022): Reliance on science by inventors. Hybrid extraction of in-text patent-to-article citations. *Journal of Economics & Management Strategy*. 31(2). S. 369–392.
- Maslej, N.; Fattorini, L.; Perrault, R.; Gil, Y.; Parli, V.; Kariuki, N.; Capstick, E.; Reuel, A.; Brynjolfsson, E.; Etchemendy, J.; Ligett, K.; Lyons, T.; Manyika, J.; Niebles, J.C.; Shoham, Y.; Wald, R.; Walsh, T.; Hamrah, A.; Santarasci, L.; Lotufo, J.B.; Rome, A.; Shi, A.; Oak, S. (2023): Artificial Intelligence Index Report 2023. AI Index Steering Committee. Stanford, CA.
- Max-Planck-Gesellschaft (2024): Stellungnahme zur Ausgestaltung des künftigen Rahmenprogramms (FP10). München: Max-Planck-Gesellschaft.
- Max-Planck-Gesellschaft (2025): Position on the proposed EU Framework. München: Max-Planck-Gesellschaft.
- McLean, S.; Read, G.J.M.; Thompson, J.; Baber, C.; Stanton, N.A.; Salmon, P.M. (2023): The risks associated with Artificial General Intelligence. A systematic review. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. 35(5). S. 649–663.
- Menter, M.; Lehmann, E.E.; Klarl, T. (2018): In search of excellence. A case study of the first excellence initiative of Germany. *Journal of Business Economics*. 88(9). S. 1105–1132.
- Meyer, C. (2024): Stellungnahme. Öffentliche Anhörung zum Thema „Krisenfrüherkennung und Fehlerkultur im außen- und sicherheitspolitischen Engagement“. Deutscher Bundestag – Enquête-Kommission Lehren aus Afghanistan für das künftige vernetzte Engagement Deutschlands. Kommissionsdrucksache 20(28)47.
- Mitra, A.; Canton, E.; Ravet, J.; Steeman, J.-T. (2024): The added value of European investments in research and innovation. Brussels: European Commission.
- Mol, M.J. (2003): Purchasing's strategic relevance. *Journal of Purchasing and Supply Management*. 9(1). S. 43–50.
- Möller, T.; Schmidt, M.; Hornbostel, S. (2016): Assessing the effects of the German Excellence Initiative with bibliometric methods. *Scientometrics*. 109(3). S. 2217–2239.
- Monopolkommission (2025): Why Competition Matters for Defence Spending. Bonn: Monopolkommission.

- Moretti, E.; Steinwender, C.; van Reenen, J. (2025): The Intellectual Spoils of War? Defense R&D, Productivity, and International Spillovers. *Review of Economics and Statistics*. 107(1). S. 14–27.
- Müller, M. (2025): Schwache Konjunktur lässt Fachkräftemangel weiter sinken. KfW-ifo-Fachkräftebarometer: KfW Research.
- Naddaf, M. (2025): Is academic research becoming too competitive? Nature examines the data. *Nature*.
- Narin, F.; Hamilton, K.S.; Olivastro, D. (1997): The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy*. 26(3). S. 317–330.
- Nationaler Normenkontrollrat (2017): Mehr Leistung für Bürger und Unternehmen. Verwaltung digitalisieren. Register modernisieren.
- Nelson, R. (1962): The link between science and invention. The case of the transistor. In: *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*: Princeton University Press.
- Netzwerk der Projektträger – Projektträger, N.d. (2023): Administrative Fesseln der Innovationsförderung abstreifen. SPRIND-Freiheitsgesetz breiter denken: Diskussionsimpuls von August 2023: Netzwerk der Projektträger.
- Neukirchen, M.; Emmrich, E. (2021): Berufungen, Befangenheit und Bewerbungsverfahrensanspruch. Ein Kompendium für Berufungskommissionen, Bewerberinnen und Bewerber. Baden-Baden.
- NKR – Nationaler Normenkontrollrat (2025): Bündelung im Föderalstaat. Zeitgemäße Aufgabenorganisation für eine leistungsfähige und resiliente Verwaltung. Berlin: NKR.
- Norn, M.T.; Aagaard, K.; Bjørnholm, J.; Stage, A.K. (2024): Funder strategies for promoting research addressing societal challenges. Thematic, impact, and collaboration targeting. *Science and Public Policy*. 51(5). S. 910–922.
- Norvig, P.; Russell, S. (1995): Artificial intelligence. A modern approach. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2015): Messung von wissenschaftlichen, technologischen und Innovationsätigkeiten. Frascati-Handbuch 2015. Leitlinien für die Erhebung und Meldung von Daten über Forschung und experimentelle Entwicklung. Paris: OECD.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2022): International Migration Outlook 2022. Paris: OECD.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2023): The Impact of R&D Tax Incentives. Results from the OECD MicroBeRD+ Project. Technology and Industry Policy Paper. 159. Paris: OECD.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2025a): Advancing the measurement of investments in artificial intelligence. OECD Artificial Intelligence Papers. Paris: OECD.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2025b): Bildung auf einen Blick 2025: OECD-Indikatoren. Bielefeld: OECD.
- OECD; Eurostat (2018): The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition: OECD Publishing.
- Pahnke, A.; Kay, R.; Schlepphorst, S. (2017): Unternehmerisches Verhalten im Zuge der Unternehmensnachfolge: IfM-Materialien.
- Pavel, B.; Ke, I.; Smith, G.; Brown-Heidenreich, S.; Sabbag, L.; Acharya, A.; Mahmood, Y. (2025): How Artificial General Intelligence Could Affect the Rise and Fall of Nations. *Visions for Potential AGI Futures*. Santa Monica, CA: Rand Corporation.
- Peters, B.; Rammer, C.; Ehrlich, A. (2026): Innovationsbeteiligung, Innovationen und Produktivität in der deutschen Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2026. Berlin: EFI.
- Peters, B.; Riley, R.; Siedschlag, I.; Vahter, P.; McQuinn, J. (2018): Internationalisation, innovation and productivity in services. Evidence from Germany, Ireland and the United Kingdom. *Review of World Economics*. 154(3). S. 585–615.
- Petropoulos, A.; Pataki, B.; Juin, D.; Jankü, D.; Reddel, M. (2025): Building CERN for AI. An institutional blueprint. Brussels: Centre for Future Generations.
- Picaud-Bello, K.; Johnsen, T.; Calvi, R.; Giannakis, M. (2019): Exploring early purchasing involvement in discontinuous innovation. A dynamic capability perspective. *Journal of Purchasing and Supply Management*. 25(4). S. 100555.
- Pilz, K.F.; Sanders, J.; Rahman, R.; Heim, L. (2025a): Data on GPU Clusters. San Francisco: Epoch AI.
- Pilz, K.F.; Sanders, J.; Rahman, R.; Heim, L. (2025b): Trends in AI Supercomputers. Ithaca: arXiv.
- Plante, Q.; Cabanes, B.; Le Masson, P.; Weil, B. (2023): Early-career academic engagement in university–industry collaboration PhDs. Research orientation and project performance. *Research Policy*. 52(9). S. 104856.
- Plattform Lernende Systeme (2021): KI im Mittelstand. Potenziale erkennen, Voraussetzungen schaffen, Transformation meistern.
- Plattform Lernende Systeme (2025): KI verantwortlich gestalten. Beiträge der Plattform Lernende Systeme. Fortschrittsbericht 2024/2025. Plattform Lernende Systeme (PLS).
- Poege, F.; Harhoff, D.; Gaessler, F.; Barufaldi, S. (2019): Science quality and the value of inventions. *Science advances*. 5(12). eaay7323.
- Proff, S. von; Buenstorf, G.; Hummel, M. (2012): University patenting in Germany before and after 2002. What role did the professors' privilege play? *Industry and Innovation*. 19(1). S. 23–44.
- Rammer, C. (2024): Nutzung der Forschungszulage im Maschinen- und Anlagenbau. Ergebnisse und Auswirkungen. Befunde aus einer Befragung des VDMA: ZEW-Gutachten und Forschungsberichte.
- Rammer, C. (2025): Forschungszulage. Ein neues Förderinstrument wächst und gedeiht: ZEW policy brief.
- Rammer, C.; Doherr, T.; Ehrlich, A.; Krieger, B.; Niggemann, H.; Peters, B.; Steiners, L.; Strecke, L.; Schubert, T.; Trunschke, M.; Burg, J. von der; Eibelshäuser, S. (2025): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2024: ZEW Innovationserhebungen-Mannheimer Innovationspanel (MIP).
- Rammer, C.; Gottschalk, S.; Füner, L. (2020): Studie zur Evaluation des KfW-Förderprogramms „ERP-Digitalisierungs- und Innovationskredit“. ZEW-Gutachten und Forschungsberichte. Mannheim: ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.
- Repasi, R. (2025): Entwurf eines Berichts mit Empfehlungen an die Kommission zum 28. Regime: Ein neuer Rechtsrahmen für innovative Unternehmen. Europäisches Parlament. 2025/2079(INL).
- Roach, M.; Cohen, W.M. (2013): Lens or prism? Patent citations as a measure of knowledge flows from public research. *Management Science*. 59(2). S. 504–525.
- Röbbecke, M.; Simon, D. (2023): Riskante Forschung und teilrandomisierte Begutachtungsverfahren. Neue Wege der Förderlinie „Experiment!“ der VolkswagenStiftung. Beiträge zur Hochschulforschung(2). S. 8–31.
- Schaper, T.; Arts, S.; Veugelers, R. (2025): Not like the others. Frontier scientists for inventive performance. *Research Policy*. 54(10). S. 105339.

- Scharfmann, E.; Marx, M.; Fleming, L. (2025): Pasteur's quadrant researchers bring novelty, impact to publishing, and patenting. *Science* (New York, N.Y.). 390(6776). S. 891–893.
- Schmidt, K. (2025): Jedes dritte KMU bietet Weiterbeschäftigung von älteren Mitarbeitern an. KfW Research: KfW Research.
- Schmidt, M.; Rimmert, C.; Stephen, D.; Lenke, C.; Donner, P.; Gärtner, S.; Taubert, N.; Bausenwein, T.; Stahlschmidt, S. (2025): The data infrastructure of the German Kompetenznetzwerk Bibliometrie. An enabling intermediary between raw data and analysis. *Quantitative Science Studies*. 6. S. 1129–1146.
- Schmidt, U.; Besch, C.; Schulze, K.; Heinzelmann, S.; Andersson, M. (2022): Evaluation des Bund-Länder-Programms für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre (Qualitätspakt Lehre). Abschlussbericht über den gesamten Förderzeitraum 2011-2020. Mainzer Beiträge zur Hochschulentwicklung. Bd. 26. Mainz.
- Schmoch, U.; Eickelmann, A.; Henke, J.; Krieger, B.; Spanjol, J.; Strina, G.; Witzigmann, F. (2025): Erfolgreiche Gestaltung von Wissenstransfer an Hochschulen – Ein Leitfaden für Hochschulleitungen und Wissenschaftsministerien. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Schnitzer, M.; Privitera, D. (2025): Ist Deutschland auf den nächsten KI-Durchbruch gut vorbereitet? Leider nicht. FAZ.
- Schönhölzer, P.; Hofstetter, P. (2024): Drohnen als Bottom-up-Innovation in der Führung. Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift. Band 190(3). S. 14–16.
- Schwartz, M.; Gerstenberger, J. (2025): Alterung: unterschätztes Hemmnis von Investitionen im Mittelstand. Fokus Volkswirtschaft. 508: KfW Research.
- Schweiger, G. (2023): Can't We Do Better? A cost-benefit analysis of proposal writing in a competitive funding environment. *PLoS one*. 18(4). e0282320.
- Scott Morton, F.; Veugelers, R. (2025): Regime 0: Europe-wide incorporation for startups to kickstart innovative growth. *Policy Brief* 33/2025. Brussels: Bruegel.
- Singh Chawla, D. (2021): Swiss funder draws lots to make grant decisions. *Nature*.
- Sivertsen, G.; Aagaard, K. (2025): Designing Performance-Based Research Funding Systems. In: Sivertsen, G.; Langfeldt, L.: *Challenges in Research Policy*. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Spang-Grau, I. (2018): Die Begutachtung gesamtuniversitärer Strategien in den Förderprogrammen Exzellenzinitiative und Exzellenzstrategie. Das Hochschulwesen – Forum für Hochschulforschung, -praxis und -politik. 66(3+4). S. 91–98.
- SPD; BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN; FDP (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), Bündnis 90 / Die Grünen und den Freien Demokraten (FDP). Berlin: SPD; BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN; FDP.
- SPRIND; Startup Verband; Stifterverband; HTGF; TransferAllianz (2025): Grundsätze für eine nationale IP-Strategie.
- Stage, A.K.; Utoft, E.H. (2023): Fun and less fun funding. The experiential affordances of research grant conditions. *Science and Public Policy*. 50(6). S. 1091–1102.
- Staigis, A. (2017): Strategiefähigkeit fördern und ausbauen – Den Vernetzten Ansatz weiterentwickeln. Arbeitspapier Sicherheitspolitik, Nr. 3/2017 der Bundesakademie für Sicherheitspolitik.
- Stehnken, T.; Schöfl, I.; Danneil, T.; Astor, M.; Rammer, C.; Peters, B.; Ehrlich, A.; Kraft, K. (2024): Evaluation des „Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand“. Endbericht: ZEW-Gutachten und Forschungsberichte.
- Struwe, J.; Neschke, K.; Melcher, P.R. (2026): Schwarzbuch Bürokratie an Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- SV Wissenschaftsstatistik (2023): Zahlenwerk 2023. Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2021. Tabellenband. Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2021. Essen: SV Wissenschaftsstatistik.
- SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2025): Perspektiven für morgen schaffen – Chancen nicht verspielen. Jahreststudien 2025/26. Wiesbaden: SVR.
- The Guild (2025): Investing in Europe's future: The Guild's reaction to the FP10 proposal.
- Tippner, M.; Dietrich, S.; Hanowski, M. (2021): Initiativenprüfer als Entscheidungsvorbereiter. *Wehrtechnik*. 53(Sonderheft 2021). S. 19–20.
- TransferAllianz (2024): Positionspapier der TransferAllianz zu Spinoff-terms. Medical Life Sciences.
- Ugur, M.; Trushin, E.; Solomon, E.; Guidi, F. (2016): R&D and productivity in OECD firms and industries. A hierarchical meta-regression analysis. *Research Policy*. 45(10). S. 2069–2086.
- UK Department for Education (2017): Teaching Excellence and Student Outcomes Framework Specification. London.
- Unesco (2023): Guidance for generative AI in education and research: UNESCO.
- VCI – Verband der Chemischen Industrie e. V. (2024): SPRIND-Vorschläge einer virtuellen Beteiligung von Hochschulen an Ausgründungen & Start-Ups: VCI.
- Veugelers, R.; Wang, J. (2019): Scientific novelty and technological impact. *Research Policy*. 48(6). S. 1362–1372.
- Veugelers, R.; Wang, J.; Stephan, P. (2025): Do funding agencies select and enable novel research. Evidence from ERC. *Economics of Innovation and New Technology*. S. 1–18.
- Weber, M.; Dachs, B.; Rozgonyi, K.; Zweifler, Z.; Beckert, B.; Gruber, S.; Hummller, A.; Kroll, H.; Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Schwäbe, C.; Yang, P. (2026): Wege zur Stärkung der Forschung und Anwendung von künstlicher Intelligenz in Europa. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6–2026. Berlin: EFI.
- Welter, F.; May-Strobl, E.; Holz, M.; Pahnke, A.; Schlepphorst, S.; Wolter, H.-J.; Kranzusch, P. (2015): Mittelstand zwischen Fakten und Gefühl: IfM-Materialien.
- Wilkesmann, U.; Lauer, S. (2025): Determinants of third-party funding applications in German academia. *European Journal of Higher Education*. S. 1–21.
- Wissenschaftsministerkonferenz (2024): Geschäftsordnung der Wissenschaftsministerkonferenz. (Beschluss der Wissenschaftsministerkonferenz vom 12.12.2024). Berlin, Bonn: KMK.
- Wörner, J.-D.; Schmidt, C.M. (2022): Sicherheit, Resilienz und Nachhaltigkeit. München: acatech Impuls.
- WR – Wissenschaftsrat (2010): Empfehlungen zur Differenzierung der Hochschulen (Drs. 10387–10), November 2010. Lübeck, Köln: WR.
- WR – Wissenschaftsrat (2017): Begutachtungen im Wissenschaftssystem. Positionspapier von Oktober 2017. Köln: WR.
- WR – Wissenschaftsrat (2022): Empfehlungen für eine zukunftsfähige Ausgestaltung von Studium und Lehre (Drs. 9699–22), Mai 2022. Köln: WR.
- WR – Wissenschaftsrat (2023): Strukturen der Forschungsfinanzierung an deutschen Hochschulen. Positionspapier von Januar 2023. Köln: WR.
- WR – Wissenschaftsrat (2025a): Stellungnahme zum Konzept für das Innovationslabor System Soldat (InnoLabSysSdt), Erding. Köln: WR.
- WR – Wissenschaftsrat (2025b): Wissenschaft und Sicherheit in Zeiten weltpolitischer Umbrüche. Positionspapier. Köln: WR.

- Zika, G.; Hassemer, T.-M.; Hummel, M.; Krebs, B.; Maier, T.; Mönnig, A.; Schneemann, C.; Weber, E.; Zenk, J. (2025): Künstliche Intelligenz. Potenzielle Effekte für den deutschen Arbeitsmarkt. Nürnberg: IAB.
- Zimmermann, V. (2025): Innovationshemmnisse in mittelständischen Unternehmen. Fokus Volkswirtschaft. 520: KfW Research.
- Zucker, L.G.; Darby, M.R. (1996): Star scientists and institutional transformation. Patterns of invention and innovation in the formation of the biotechnology industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 93(23). S. 12709–12716.
- Zucker, L.G.; Darby, M.R.; Armstrong, J. (1998): Geographically localized knowledge. Spillovers or markets? *Economic Inquiry*. 36(1). S. 65–86.

# C5 Endnotenverzeichnis

## A1

- 1 Vgl. BMFTR (2025).
- 2 Vgl. EFI (2022).
- 3 Vgl. EFI (2022); Frietsch et al. (2025).
- 4 Vgl. BMFTR (2025).
- 5 Vgl. BMFTR (2025).
- 6 Vgl. EFI (2022).
- 7 Vgl. EFI (2025).
- 8 Vgl. EFI (2022), EFI (2025).
- 9 Vgl. hierzu und im Folgenden Gebert und Wächter (2024).
- 10 Vgl. hierzu und im Folgenden Bertschek et al. (2025a).
- 11 Dazu werden gemäß dem Ansatz der Neuen Missionsorientierung sogenannte Missionen formuliert. Diese spezifizieren konkrete Transformationsziele, die durch F&I-politische sowie komplementäre politische Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Bei der Umsetzung von Missionen geht es darum, innerhalb eines angemessenen Zeitrahmens und Budgets neue Problemlösungen zu entwickeln und zu nutzen. In der Regel können Missionen nicht allein durch F&I-politische Impulse erfüllt werden, sondern es bedarf vielmehr auch Maßnahmen in anderen Politikfeldern. Die Expertenkommission spricht sich für eine marktorientierte Version der Neuen Missionsorientierung aus. Auf eine Festlegung bestimmter Problemlösungen im Vorhinein sollte zugunsten eines offenen Ansatzes, der unterschiedliche Lösungswege zulässt, verzichtet werden. Auf diese Weise sollen die kreativen Kräfte der Marktakteure genutzt werden. Die Förderung alternativer Problemlösungen soll sich vor allem auf den vorwettbewerblichen Bereich von der Grundlagenforschung bis zum Erkenntnis- und Technologietransfer konzentrieren. Sind direkte Eingriffe in den Markt notwendig, sollten sie im Sinne einer katalytischen F&I-Politik zeitlich befristet sein. Vgl. EFI (2025: 27), EFI (2021).
- 12 Vgl. EFI (2025: Kapitel A 2), EFI (2021: Kapitel B 1).
- 13 Vgl. BMFTR (2025).
- 14 BMFTR (2025: 40).
- 15 Vgl. EFI (2024).
- 16 Vgl. Die Bundesregierung (2025).
- 17 BMFTR (2025: 47).
- 18 BMFTR (2025: 47).
- 19 Vgl. BMFTR (2025: 47).
- 20 Vgl. Erhardt et al. (2024).
- 21 Vgl. EFI (2012: 94). Forschung und Entwicklung (FuE) werden gemäß der OECD als schöpferische und systematische Tätigkeit definiert, die darauf abzielt, den Wissensstand zu erweitern und somit eine wesentliche Grundlage für die Entstehung neuer Produkte und Dienstleistungen zu schaffen. Das Frascati-Handbuch der OECD definiert FuE folgendermaßen: „Forschung und experimentelle Entwicklung (FuE) ist schöpferische und systematische Arbeit zur Erweiterung des Wissensstands – einschließlich des Wissens über die Menschheit, die Kultur und die Gesellschaft – und zur Entwicklung neuer Anwendungen auf Basis des vorhandenen Wissens.“ OECD (2015: 47).
- 22 Der Europäische Rat hatte im Jahr 2002 das Ziel formuliert, die FuE-Ausgaben in der EU bis 2010 auf 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts zu erhöhen. Diese Zielmarke hat die EU jedoch noch immer nicht erreicht. Im Jahr 2023 lag die FuE-Intensität der EU-27 bei 2,13 Prozent. Eine Reihe von OECD-Ländern weist hingegen FuE-Intensitäten auf, die deutlich über 3 Prozent liegen – allen voran Israel mit einer Quote von 6,35 Prozent und Südkorea mit einer Quote von 4,96 Prozent im Jahr 2023 (neueste verfügbare Werte der OECD). Deutschland hatte das auf europäischer Ebene formulierte 3-Prozent-Ziel erstmals im Jahr 2018 mit einer FuE-Intensität von 3,05 Prozent überschritten. Die Expertenkommission hatte sich damals für ein ambitionierteres Ziel ausgesprochen und empfohlen, für das Jahr 2025 eine FuE-Intensität von 3,5 Prozent anzustreben. Vgl. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/pres\\_02\\_930](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/pres_02_930), [https://www.oecd.org/en/data/insights/statistical-releases/2025/03/rd-spending-growth-slows-in-oecd-surges-in-china-government-support-for-energy-and-defence-rd-rises-sharply.html?adestraproject=Science%2C%20Technology%20and%20Innovation&utm\\_campaign=STI%20News%202024%20April%20-%20MSTI&utm\\_content=Read%20more%20and%20explore%20the%20data%3A%20MSTI&utm\\_term=sti&utm\\_medium=email&utm\\_source=Adestra](https://www.oecd.org/en/data/insights/statistical-releases/2025/03/rd-spending-growth-slows-in-oecd-surges-in-china-government-support-for-energy-and-defence-rd-rises-sharply.html?adestraproject=Science%2C%20Technology%20and%20Innovation&utm_campaign=STI%20News%202024%20April%20-%20MSTI&utm_content=Read%20more%20and%20explore%20the%20data%3A%20MSTI&utm_term=sti&utm_medium=email&utm_source=Adestra) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

- <sup>23</sup> So wird sowohl in der „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ als auch in der „Hightech-Strategie 2025“ Bezug auf das 3,5-Prozent-Ziel genommen. Vgl. Die Bundesregierung (2023b), Die Bundesregierung (2018). Auch in den Koalitionsverträgen der 20. und der 19. Legislaturperiode wurde das 3,5-Prozent-Ziel verankert. Vgl. SPD et al. (2021: 16), CDU et al. (2018: 12, 34, 40).
- <sup>24</sup> Vgl. EFI (2024: Kapitel A 2), EFI (2025: 30), EFI (2021: 44).
- <sup>25</sup> Vgl. EFI (2021: Kapitel B 1).
- <sup>26</sup> Sofern die geplanten Roadmaps weitere haushaltsspezifische Maßnahmen enthalten, sollten auch ihnen Haushaltstitel zugeordnet werden.
- <sup>27</sup> Vgl. Bertschek et al. (2025b).
- <sup>28</sup> Die Leistungsplansystematik klassifiziert die Forschungsausgaben des Bundes. Sie umfasst 21 Förderbereiche, die in 59 Förderschwerpunkte unterteilt sind. Vgl. <https://www.bundesbericht-forschung-innovation.de/de/Glossar-1718.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Auf der niedrigsten Aggregationsebene verfügt die Leistungsplansystematik über 1.749 individuelle Klassen. Vgl. Brökel (2025: 9), [https://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/LovAction.do?actionMode=searchlist&lov.lovIdent=lpsys&lov.openerField=suche\\_lpsysSuche\\_1\\_&lov.ZeSt=&lov.searchValueRequired=&lov.columnLinkValueDefinition=LOVCOL1,LOVCOL1](https://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/LovAction.do?actionMode=searchlist&lov.lovIdent=lpsys&lov.openerField=suche_lpsysSuche_1_&lov.ZeSt=&lov.searchValueRequired=&lov.columnLinkValueDefinition=LOVCOL1,LOVCOL1) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- <sup>29</sup> Vgl. im Folgenden schriftliche Auskunft von Prof. Dr. Tom Brökel vom 17. November 2025.
- <sup>30</sup> Vgl. hierzu und im Folgenden schriftliche Auskunft von Prof. Dr. Tom Brökel vom 17. November 2025.
- <sup>31</sup> Hier wurden im Förderkatalog des Bundes enthaltene Projekte in den Bereichen Digitalisierung und Dekarbonisierung – jeweils in einer engen und einer weiten Abgrenzung – identifiziert. Vgl. Brökel (2025).
- <sup>32</sup> Vgl. zum Konzept der Zukunftsquote Bohne et al. (2024), Heinemann et al. (2021) und für die Anwendung im europäischen Vergleich Bohne et al. (2025).
- <sup>33</sup> Vgl. Kinne und istari.ai GmbH (2026).
- <sup>34</sup> Vgl. Axenbeck und Breithaupt (2021).
- <sup>35</sup> Vgl. <https://www.acatech.de/projekt/strategiekreis-fuer-technologie-und-innovation-des-bundeskanzlers/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- <sup>36</sup> Vgl. Gebert und Hetze (2025).
- <sup>37</sup> Zwar hat die im Jahr 2024 gegründete Wissenschaftsministerkonferenz eine teilweise Abkehr vom Einstimmigkeitsprinzip vollzogen. Wichtige Entscheidungen, wie Entschlüsse mit Wirkung auf die Landeshaushalte, müssen aber weiterhin einstimmig getroffen werden. Vgl. Wissenschaftsministerkonferenz (2024).
- <sup>38</sup> Vgl. Gebert und Hetze (2025).
- <sup>39</sup> BMFTR (2025).
- <sup>40</sup> Vgl. BMFTR (2025).
- <sup>41</sup> Vgl. Gebert und Hetze (2025).
- <sup>42</sup> Vgl. <https://www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2025/10/221025-hightech-agenda-aufklang.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

## A 2

- <sup>43</sup> Vgl. Wörner und Schmidt (2022: 7).
- <sup>44</sup> Vgl. <https://www.bmvg.de/de/themen/sicherheitspolitik/hybride-bedrohungen/was-sind-hybride-bedrohungen--13692> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- <sup>45</sup> Vgl. Die Bundesregierung (2023a), Deutscher Bundestag (2025b).
- <sup>46</sup> Auf ihrem Gipfel 2025 hat die NATO beschlossen, die Verteidigungsausgaben der Mitgliedstaaten auf 3,5 Prozent des Bruttoinlandprodukts (BIP) zu erhöhen und darüber hinaus 1,5 Prozent des BIP für Verteidigungs- und Sicherheitsrelevante Bereiche wie Infrastruktur, Industrie und Resilienz aufzuwenden. Vgl. <https://www.bmvg.de/de/aktuelleres/nato-gipfel-2025-historischer-beschluss-verteidigungsausgaben-5952094> (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Vor diesem Hintergrund werden die Verteidigungs- und Sicherheitsrelevanten Ausgaben in Deutschland massiv ansteigen. Im März 2025 trat im Rahmen der Schuldenregel eine Bereichsausnahme für Verteidigungsausgaben in Kraft, die es ermöglicht, einen Teil der Verteidigungsausgaben dauerhaft durch Kredite zu finanzieren. In Art. 109 Abs. 3 Satz 5 GG heißt es seit März 2025: „Von den zu berücksichtigenden Einnahmen aus Krediten ist der Betrag abzuziehen, um den die Verteidigungsausgaben, die Ausgaben des Bundes für den Zivil- und Bevölkerungsschutz sowie für die Nachrichtendienste, für den Schutz der informationstechnischen Systeme und für die Hilfe für völkerrechtswidrig angegriffene Staaten 1 vom Hundert im Verhältnis zum nominalen Bruttoinlandsprodukt übersteigen.“ Vgl. auch <https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2025/aenderung-grundgesetz/kurzmeldung-1.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- <sup>47</sup> Durch Wissens-Spillover und den Dual-Use-Charakter vieler Technologien und Güter können F&I-Ausgaben im Verteidigungsbereich Investitionen im

- zivilen Bereich auslösen. Von Spillover spricht man in diesem Kontext, wenn FuE-Aufträge an Unternehmen im Verteidigungsbereich weitere privatwirtschaftliche F&I-Ausgaben auslösen oder wenn Wissen und Erkenntnisse aus dem Verteidigungssektor vom zivilen Sektor übernommen, weiterentwickelt und für die zivile Nutzung vermarktet werden. Prominente Beispiele hierfür sind GPS und das Internet. Von Dual Use spricht man, wenn Technologien sowohl im Verteidigungsbereich als auch im zivilen Bereich genutzt werden können. Vgl. Bertschek et al. (2024). Eine aktuelle Analyse zeigt, dass ein durch einen Anstieg der FuE im Verteidigungsbereich induzierter Anstieg der privaten FuE zu Produktivitätssteigerungen führt. Vgl. Moretti et al. (2025). Vgl. zu Dual Use auch Caviggioli et al. (2020).
- 48** Vgl. Staigis (2017).
- 49** Vgl. Deutscher Bundestag (2025a: 33 f.).
- 50** Vgl. Deutscher Bundestag (2025a: 33 ff.). Vgl. auch Meyer (2024: 8 f.).
- 51** Zum temporären Einbinden von Forscherinnen und Forschern in die Ressortarbeit vgl. Deutscher Bundestag (2025a: 34). Meyer (2024: 9) spricht sich dafür aus, die Anreize zur Politikberatung zu stärken und einen Pool an Expertinnen und Experten aufzubauen, die in Krisensituationen Lücken in der „In-House-Expertise“ füllen können. Gleichzeitig könnte durch Rahmenverträge oder gezielte Auftragsforschung kritische Fachexpertise gewonnen werden. Bressan (2024) weist allerdings darauf hin, dass die Verfügbarkeit externer Expertise nicht notwendigerweise zu besseren Entscheidungen führt. Strategisches Verhalten sowie politische Erwägungen können die Entscheidungsträgerinnen und -träger dazu bringen, fundierte Analysen zu ignorieren.
- 52** Vgl. im Folgenden WR (2025b: 58 ff.).
- 53** Als der Wissenschaftsrat den Vorschlag eines Strategischen Dialogforums im Mai 2025 veröffentlichte, stand noch nicht fest, dass es einen Nationalen Sicherheitsrat geben wird. Der Wissenschaftsrat hatte sich aber dafür ausgesprochen, das Dialogforum im Falle der Einrichtung eines Nationalen Sicherheitsrats dort anzuliedern. Vgl. WR (2025b: 54).
- 54** Vgl. hierzu und im Folgenden CSS – ETH Zürich – Center for Security Studies (2025), <https://css.ethz.ch/>, <https://css.ethz.ch/en/center.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 55** Vgl. <https://nsc.anu.edu.au/#section-12458> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 56** Vgl. hierzu und im Folgenden <https://nsc.anu.edu.au/about-nsc#section-31410> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 57** Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.kcl.ac.uk/security-studies> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 58** Vgl. hierzu und im Folgenden Gebert et al. (2025), Burk und Hetze (2025).
- 59** Vgl. BDI (2025), Bitkom e. V. (2025b).
- 60** Vgl. <https://www.unibw.de/diana> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 61** Der 2017 gegründete Cyber Innovation Hub der Bundeswehr (CIHBw) verfolgt Innovationsvorhaben, mit denen die digitale Transformation der Bundeswehr unterstützt werden soll. Zentrale Aufgabe des CIHBw ist es, entsprechende aktuelle Herausforderungen innerhalb der Bundeswehr zu erkennen und zielgerichtete Lösungen zu finden. Dabei fungiert der CIHBw als Brücke zwischen der Bundeswehr und dem Start-up-Ökosystem. Der CIHBw arbeitet mit Start-ups und weiteren Dienstleistern zusammen, um deren Produkte für die speziellen Bedürfnisse der Bundeswehr weiterzuentwickeln und zu modifizieren. Gemeinsam mit den Anwendern und Anwendern innerhalb der Bundeswehr werden Prototypen getestet und entsprechend dem Nutzer-Feedback weiterentwickelt. Ziel ist es, von der ersten Idee bis zu Erprobung nicht mehr als drei Monate verstreichen zu lassen und die Innovationsvorhaben nach zwölf Monaten abzuschließen. Der CIHBw wurde zunächst als Pilotprojekt begonnen und wird seit 2020 als Innovationseinheit der Bundeswehr in der BWI GmbH fortgeführt. Vgl. hierzu und im Folgenden <https://www.cyberinnovationhub.de/>, <https://www.bmvg.de/de/themen/cyber-sicherheit/partnerschaften-zur-cybersicherheit/cyber-innovation-hub> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 62** Der Space Innovation Hub dient als Online-Plattform für den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen der New-Space-Szene, der traditionellen Raumfahrtindustrie, der Wissenschaft und dem öffentlichen Sektor und hat zum Ziel, innovative Raumfahrttechnologien und -dienstleistungen zu entwickeln und umzusetzen. Als besonders vielversprechend bewertete Projekte – ob im zivilen, im militärischen oder im Dual-Use-Bereich – fördert der Space Innovation Hub aktiv. Darüber hinaus bietet der Hub Unternehmen der New-Space-Szene Fachberatung sowie Consulting an und ist bei der Netzwerkbildung behilflich. Der Anfang des Jahres 2025 vom damaligen BMWK in Abstimmung mit dem BMVg ins Leben gerufene Space Innovation Hub ist eines der 13 Schlüsselprojekte der 2023 verabschiedeten Raumfahrtstrategie der Bundesregierung. Der Space Innovation Hub wird von der Deut-

- schen Raumfahrtagentur im DLR betrieben und von einem Expertengremium, dem Space Innovation Board, begleitet. Vgl. <https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2025/start-des-space-innovation-hub>, <https://www.spaceinnovationhub.de/>, <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2025/20250129-schlusselprojekt-der-raumfahrtstrategie-space-innovation-hub.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 63 Der Digital Hub Security & Defense München ist einer von derzeit 25 Hubs, die der 2017 gestarteten Digital Hub Initiative (de:hub) des BMWE und des BMDS angehören. Er ist bei der BaseD GmbH angesiedelt, unterstützt Start-ups mit innovativen technologischen Sicherheitslösungen und vernetzt sie mit Akteuren aus den Bereichen Sicherheit und Verteidigung. Vgl. <https://www.de-hub.de/die-hubs/muenchen-security-and-defense/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Zur Digital Hub Initiative vgl. <https://www.athene-center.de/digitalhub>, <https://www.de-hub.de/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026), BMWK (2024a).
- 64 Laut Abschnitt „Sicherheits- und Verteidigungsforschung“ der Hightech Agenda Deutschland sieht die Bundesregierung zudem den Aufbau von vier 6G-Transfer-Hubs vor, in denen Forschungs-, Test-, und Validierungsinfrastrukturen für Wissenschaft und Wirtschaft bereitgestellt werden sollen. Vgl. BMFTR (2025).
- 65 BMFTR (2025: 34).
- 66 Vgl. [https://www.bmftr.bund.de/DE/Technologie/HightechAgenda/DossierHightechAgenda/Dossier\\_HightechAgenda/\\_documents/7\\_strategische\\_forschungsfelder.html?nn=1104712](https://www.bmftr.bund.de/DE/Technologie/HightechAgenda/DossierHightechAgenda/Dossier_HightechAgenda/_documents/7_strategische_forschungsfelder.html?nn=1104712) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 67 <https://www.bmvg.de/de/aktuelles/industriedialog-verteidigungsministerium-6047244> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 68 Vgl. zum Innovationslabor System Soldat WR (2025a).
- 69 Vgl. <https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettssitzung-vom-9-dezember-2025/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 70 Vgl. <https://www.starting-up.de/geschaeftsideen/gruenderstorys/axr-robotics-tech-for-defense.html>, <https://www.axr-robotics.com/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 71 Relevante Programme sind etwa die EXIST-Förderung für Gründungen aus den Universitäten der Bundeswehr oder die Validierungsförderung VIP+.
- 72 Vgl. Deutscher Bundestag (2025c).
- 73 Deutscher Bundestag (2025c: 2).
- 74 Vgl. Deutscher Bundestag (2025c), Deutscher Bundestag – Ausschuss für Wirtschaft und Energie (2025), Deutscher Bundestag (2026).
- 75 Vgl. Deutscher Bundestag – Ausschuss für Wirtschaft und Energie (2025: 5), Deutscher Bundestag (2025c: 42).
- 76 Mol erläutert auf Firmenebene die strategische Relevanz des Einkaufs. Vgl. Mol (2003).
- 77 Vgl. Tippner et al. (2021).
- 78 Vgl. Picaud-Bello et al. (2019) zum „Early Purchasing Involvement“.
- 79 Vgl. Deutscher Bundestag – Ausschuss für Wirtschaft und Energie (2025: 3).
- 80 Vgl. Deutscher Bundestag (2025c).
- 81 Vgl. hierzu und im Folgenden § 19 Vergabeordnung. Vgl. zu Innovationspartnerschaften auch <https://www.koinno-bmwk.de/koinno/aktuelles/detail/koinno-erklaert-die-innovationspartnerschaft/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 82 Im Fall einer Innovationspartnerschaft mit mehreren Partnern kann der Auftraggeber ihre Zahl durch die Kündigung einzelner Verträge reduzieren.
- 83 Vgl. Deutscher Bundestag (2025c: 42), Deutscher Bundestag – Ausschuss für Wirtschaft und Energie (2025: 5).
- 84 Ein Ausschluss nach § 124 Abs. 1 Nr. 6 GWB aus einem laufenden Vergabeverfahren wegen Vorbeifassung sei, so die Gesetzesbegründung, stets nur Ultima Ratio. Das Gesetz stellt im Paragrafen zu den Anpassungen des Vergabeverfahrens klar, dass die besonderen Verteidigungs- und Sicherheitsinteressen bei der Abwägung darüber besonders zu berücksichtigen sind. Vgl. hierzu und im Folgenden Deutscher Bundestag (2025c).
- 85 Vgl. hierzu und im Folgenden Deutscher Bundestag (2025c).
- 86 Das Innovationszentrum der Bundeswehr ist organisatorisch dem BAAINBw zugeordnet.
- 87 Ein strategisches Beschaffungsmanagement für die Bundeswehr ist auch erforderlich, um sie, als größten öffentlichen Auftraggeber Deutschlands, stärker an dem bereits 2012 von der Europäischen Kommission formulierten Ziel eines „Public Procurement Promoting Innovation“ (PPPI) auszurichten. Vgl. Amann und Essig (2015: 284).
- 88 Vgl. <https://innoforces.ch/projekte/bottom-up-drone-innovation-2/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026), Schönholzer und Hofstetter (2024).
- 89 Sprunginnovationen sind Neuerungen, die in Märkten, Organisationen und Gesellschaften weitreichenden Wandel nach sich ziehen und große Wertschöpfungspotenziale eröffnen.

- 90 Ein Beispiel ist der Funke „Anti-Drone Response 2.0“, bei dem die SPRIND mit der schwedischen Vinnova zusammenarbeitet. Vgl. <https://www.springind.org/taten/challenges/funke-anti-drone-response-2.0> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 91 Die SPRIND weist selbst darauf hin, dass ihr Personal und Unterstützungsangebot derzeit vor allem auf die Unterstützung ziviler Innovationen ausgerichtet ist und die notwendigen Strukturen, um in die Geheimschutzbetreuung aufgenommen zu werden, nicht vorhanden sind. Daher schlägt die SPRIND die Gründung „einer von der SPRIND unabhängigen militärischen Innovationsagentur“ vor. Vgl. Bundesagentur für Sprunginnovationen – SPRIND (2025).
- 92 Vgl. Monopolkommission (2025), Bitkom e. V. (2025b), <https://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/innovation-europas-sputnik-moment-wie-die-eu-im-tech-wettkampf-aufholen-kann/100121953.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 93 Vgl. hierzu und im Folgenden BMBF (2024: 66, 109f.), <https://www.springind.org/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026), Berger et al. (2025).
- 94 Die Expertenkommission bemängelt jedoch, 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 Bundeshaushaltssordnung zu verschaffen. Vgl. EFI (2024: 13f.).
- 95 Projektvorschläge können jederzeit bei der SPRIND eingereicht werden. Zudem führt die SPRIND Innovationswettbewerbe (Challenges) durch, bei denen radikal neue Lösungen für bestehende gesellschaftliche Herausforderungen gesucht werden.
- 96 Das heißt vom Nachweis der Funktionsfähigkeit des Konzepts bis zur Demonstration im realen Einsatz. Zu den Technologiereifegraden vgl. [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektförderung/Innovationen/Merkblatt-Technologiereifegrade.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektförderung/Innovationen/Merkblatt-Technologiereifegrade.pdf?__blob=publicationFile&v=2), [https://www.ptj.de/lw\\_resource/datapool/systemfiles/cbox/2373/live/lw\\_file/definition\\_des\\_technologischen\\_reifegrades.pdf](https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/2373/live/lw_file/definition_des_technologischen_reifegrades.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 97 Vgl. im Folgenden <https://www.cyberagentur.de/agentur/ueber-uns/>, <https://www.cyberagentur.de/wp-content/uploads/2024/11/Strategie-2022-2025.pdf> (letzter Abruf am 16. Januar 2026), BMBF (2024: 66, 294). Die Cyberagentur setzt bei ihrer Arbeit drei Schwerpunkte: (1) Schlüsseltechnologien: Kommunikation der Zukunft, Kryptologie, Cybersicherheit durch Quantentechnologien; Cybersicherheit durch KI und für KI, autonome intelligente Systeme. (2) Sichere Systeme: Cybersicherheit der Bundesverwaltung, Schutz kritischer Infrastrukturen, Cybersicherheit in schwierigen Umgebungen, Sichere Hardware und Lieferketten, Interoperabilität (Digitalisate & Data Fusion). (3) Sichere Gesellschaft: Digitale Identitäten, Cyberresiliente Gesellschaft, Mensch-Maschine-Interaktion, Cyberbefähigter Staat, Digitaler Verbraucherschutz.
- 98 Das heißt von der Beobachtung des Funktionsbetriebs bis zum Versuchsaufbau im Labormaßstab. Zu den Technologiereifegraden vgl. [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektförderung/Innovationen/Merkblatt-Technologiereifegrade.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektförderung/Innovationen/Merkblatt-Technologiereifegrade.pdf?__blob=publicationFile&v=2), [https://www.ptj.de/lw\\_resource/datapool/systemfiles/cbox/2373/live/lw\\_file/definition\\_des\\_technologischen\\_reifegrades.pdf](https://www.ptj.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/2373/live/lw_file/definition_des_technologischen_reifegrades.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- A 3
- 99 Vgl. Mitra et al. (2024); Europäische Kommission (2020).
- 100 Vgl. Europäisches Parlament und Rat (2021).
- 101 Vgl. European Commission (2025d).
- 102 Vgl. <https://www.daad-brussels.eu/en/2025/07/31/european-commission-proposes-stand-alone-fp10-with-a-volume-of-e175-billion/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 103 Vgl. European Commission (2025c).
- 104 Vgl. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/horizon-europe-2028-2034-twice-bigger-simpler-faster-and-more-impactful-2025-07-16\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/news/all-research-and-innovation-news/horizon-europe-2028-2034-twice-bigger-simpler-faster-and-more-impactful-2025-07-16_en); [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech\\_25\\_2673](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech_25_2673) (letzter Abruf am 16. Januar 2026); European Commission (2025c).
- 105 Vgl. European Commission (2025c).
- 106 Vgl. Draghi (2024).
- 107 Vgl. European Commission (2025c).
- 108 Vgl. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech\\_25\\_1284](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech_25_1284) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 109 Vgl. European Commission (2025c).
- 110 Vgl. Allianz der Wissenschaftsorganisationen (2025); <https://www.leru.org/news/eu-basic-research-funding-worries-kurt-deketelaere>; [https://eua.eu/images/publications/Publication\\_PDFs/FP10\\_analysis\\_final.pdf](https://eua.eu/images/publications/Publication_PDFs/FP10_analysis_final.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 111 Vgl. [https://yerun.eu/wp-content/uploads/2025/11/20251201\\_joint-cover-note.pdf](https://yerun.eu/wp-content/uploads/2025/11/20251201_joint-cover-note.pdf); <https://yerun.eu>.

- eu/wp-content/uploads/2025/11/Joint-Amendments-FP10\_01.12.2025.pdf (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 112 Vgl. <https://sciencebusiness.net/news/planning-fp10/research-community-positive-yet-cautious-over-leaked-fp10-proposal?; https://sciencebusiness.net/news/r-d-funding/planning-fp10/winners-and-losers-whats-stake-research-next-eu-budget-proposal> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 113 Vgl. The Guild (2025); Keustermans et al. (2025).
- 114 Vgl. Max-Planck-Gesellschaft (2025).
- 115 Vgl. European Commission (2024).
- 116 Vgl. <https://www.eua.eu/news/eua-news/eua-and-cesaer-call-for-more-balanced-funding-within-horizon-europe-clusters.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 117 Vgl. <https://www.eua.eu/news/eua-news/eua-and-ce-saer-call-for-more-balanced-funding-within-horizon-europe-clusters.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026); Institute for Science in Europe (2025).
- 118 Vgl. Fuest et al. (2025).
- 119 Vgl. Fuest et al. (2024); <https://www.timeshighereducation.com/opinion/horizon-europes-collaborative-projects-ask-impossible> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 120 Vgl. Keustermans et al. (2025). Eine punktuell bereits eingesetzte Maßnahme zur Senkung der administrativen Kosten ist die Nutzung von Festbeträgen (Lump Sums) für die Partner der Konsortien, deren Antrag positiv beschieden wurde.
- 121 Vgl. European Commission (2023); Fuest et al. (2025).
- 122 Vgl. European Commission (2024).
- 123 Vgl. European Commission (2025b); European Innovation Council (2025a).
- 124 Vgl. Azoulay et al. (2019).
- 125 Vgl. [https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-defence-industry/white-paper-european-defence-readiness-2030\\_en](https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-defence-industry/white-paper-european-defence-readiness-2030_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026); Europäische Kommission (2025).
- 126 Vgl. The Guild (2025); CESAER (2024); Max-Planck-Gesellschaft (2024).
- 127 Vgl. <https://www.leru.org/news/dual-use-and-defence-in-horizon-europe-this-is-not-the-way-to-go> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 128 Vgl. Azoulay et al. (2019); Fuest et al. (2024); Petropoulos et al. (2025).
- 129 Vgl. Fuest et al. (2024).
- 130 Vgl. <https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/c1aefc93-c6a3-4acc-a04e-d8831b0d3aed/download> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 131 Die zehn EIC-Programmmanagerinnen und -manager betreuen jeweils zwischen 20 und 300 Projekten. Vgl. <https://sciencebusiness.net/news/r-d-funding/european-innovation-council/eic-programme-managers-have-handle-300-projects-each> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 132 Vgl. Azoulay et al. (2019).
- 133 Vgl. Draghi (2024); Fuest et al. (2024).
- 134 Sicherheits- und Verteidigungsrelevante Beschlüsse müssen einstimmig im Rat der EU getroffen werden. Die Kommission und das Europäische Parlament spielen hier nur eine sehr begrenzte Rolle. Die EU hat mit dem EU Defence Innovation Scheme (EUDIS) und dem Hub for EU Defence Innovation (HEDI) dennoch Innovationsförderstrukturen für den Sicherheits- und Verteidigungsbereich aufgebaut. Vgl. [https://eudis.europa.eu/index\\_en; https://eda.europa.eu/what-we-do/research-technology/hedi](https://eudis.europa.eu/index_en; https://eda.europa.eu/what-we-do/research-technology/hedi) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 135 Vgl. <https://www.diana.nato.int/about-diana.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 136 Vgl. <https://www.springer.org/worte/magazin/position-springer-mil> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 137 Vgl. <https://springer.org/taten/challenges/funke-anti-drone-response-2.0#anchor-faq> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 138 Vgl. [https://erc.europa.eu/news-events/news/erc-proof-concept-grants-targeted-investment-big-innovation-return?utm\\_source=chatgpt.com](https://erc.europa.eu/news-events/news/erc-proof-concept-grants-targeted-investment-big-innovation-return?utm_source=chatgpt.com) (letzter Abruf am 16. Januar 2026); European Innovation Council (2025b).
- 139 Vgl. <https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/c1aefc93-c6a3-4acc-a04e-d8831b0d3aed/download> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 140 Die Regierungsparteien haben sich bereits in ihrem Koalitionsvertrag für einen „weiterhin unabhängigen European Research Council (ERC)“ ausgesprochen. Vgl. CDU; CSU; SPD (2025).
- 141 Vgl. [https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-accelerator/seals-excellence\\_en](https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-accelerator/seals-excellence_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

#### A 4

- 142 Vgl. Aghion et al. (2025), Draghi (2024).
- 143 Vgl. Letta (2024).
- 144 Vgl. Repasi (2025).
- 145 Vgl. Bird & Bird et al. (2025), Draghi (2024).
- 146 Vgl. Scott Morton und Veugelers (2025).
- 147 Vgl. European Commission (2025b).

- 148** Nach Schätzungen des Internationalen Währungsfonds (IWF) für das Jahr 2025 liegt das Bruttoinlandsprodukt (BIP) der Europäischen Union bei etwa 21 Billionen US-Dollar und rangiert damit weltweit auf dem zweiten Platz hinter den USA (rund 31 Billionen US-Dollar) und vor China (rund 19 Billionen US-Dollar). Vgl. <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/CAN/USA/EUQ/EU/CHN> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 149** Vgl. Letta (2024).
- 150** Beispiele für weitere 28. Regime sind das Europäische Einheitspatent, die Europäische Aktiengesellschaft (Societas Europaea, SE) und die Europäische Genossenschaft (SCE).
- 151** Vgl. Draghi (2024).
- 152** Vgl. European Commission (2025a), European Commission (2025d).
- 153** Vgl. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/shaping-eu-research-and-innovation-policy/european-innovation-act\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/shaping-eu-research-and-innovation-policy/european-innovation-act_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 154** Vgl. Repasi (2025).
- 155** Vgl. [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14674-28th-regime-a-single-harmonized-set-of-rules-for-innovative-companies-throughout-the-EU\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14674-28th-regime-a-single-harmonized-set-of-rules-for-innovative-companies-throughout-the-EU_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 156** Vgl. Repasi (2025).
- 157** Vgl. Bird & Bird et al. (2025).
- 158** Vgl. Scott Morton und Veugelers (2025)
- 159** Vgl. Repasi (2025).
- 160** Mit Verweis auf potenzielle Unstimmigkeiten und Erfahrungen aus gescheiterten Initiativen klammert es als kritische identifizierte Themen aus. Beispiele für gescheiterte Initiativen sind die Rechtsform für eine europäische Kapitalgesellschaft für KMU (Societas Privata Europaea, SPE) sowie die europäische Rechtsform für Einpersonengesellschaften (Societas Unius Personae, SUP).
- 161** Vgl. Bird & Bird et al. (2025).
- 162** Vgl. Repasi (2025), Bird & Bird et al. (2025), Scott Morton und Veugelers (2025).
- 163** Mit dem EU-ESOP soll ein standardisiertes und steuerlich wettbewerbsfähiges Mitarbeiterbeteiligungsmodell geschaffen werden. Es ermöglicht die Ausgabe nicht stimmberechtigter Unternehmensanteile und sieht vor, dass Gewinne aus deren Veräußerung einheitlich als Kapitalerträge behandelt und erst bei tatsächlichem Mittelzufluss besteuert werden – und nicht bereits beim Erhalt der Anteile. Vgl. Bird & Bird et al. (2025).
- 164** Bei EU-FAST handelt es sich um ein Open-Source-Standardformular, das für Unternehmen in der Frühphase entwickelt wurde. Durch die Standardisierung sollen privaten und institutionellen Anlegern grenzüberschreitende Investitionen in Startups erleichtert werden. EU-FAST orientiert sich dabei an bereits etablierten Modellen aus den USA und dem Vereinigten Königreich. Vgl. Bird & Bird et al. (2025).
- 165** Vgl. Repasi (2025).
- 166** Vgl. Allied For Startups (2025), Scott Morton und Veugelers (2025).
- 167** Zum Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union vgl. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (2016).
- 168** Vgl. Aghion et al. (2025).

## B 1

- 169** Vgl. Fels und Wolter (2022).
- 170** Typischerweise wird auch von Mittelstand gesprochen, wenn sich das Eigentum des Unternehmens mehrheitlich im Besitz der Familie der Geschäftsführenden befindet. Die im Folgenden dargestellten empirischen Ergebnisse zu Unterschieden zwischen mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen basieren auf der Definition mittelständischer Unternehmen entsprechend Peters et al. (2026): Als mittelständische Unternehmen werden Unternehmen bezeichnet, die sich mehrheitlich im Eigentum von bis zu zwei natürlichen Personen befinden und in denen mindestens eine dieser Personen auch die Geschäftsführung des Unternehmens innehat. Einzelunternehmen (Gewerbebetriebe, Handwerksbetriebe, freie Berufe) mit nur einem Inhaber werden grundsätzlich als mittelständische Unternehmen betrachtet, es sei denn, dass explizit eine andere Person als der Inhaber als Geschäftsführer genannt wird. Einzelunternehmen, die zwei Inhaber aufweisen, sind dann ein mittelständisches Unternehmen, wenn keine dritte Person als Geschäftsführer genannt ist. Einzelunternehmen mit mehr als zwei Inhabern sind keine mittelständischen Unternehmen. Bei Personengesellschaften (BGB, OHG, KG, ausgenommen GmbH & Co. KG) liegt ein mittelständisches Unternehmen vor, wenn das Unternehmen nicht mehr als zwei persönlich haftende Gesellschafter aufweist und mindestens einer der Gesellschafter in der Geschäftsführung tätig ist. Personengesellschaften mit mehr als zwei persönlich haftenden Gesellschaftern sind keine mittelständischen Unternehmen. Unterneh-

men der Rechtsform GmbH & Co. KG werden als mittelständische Unternehmen eingestuft, wenn die zugehörige Komplementär-Gesellschaft nicht mehr als zwei persönlich haftende Gesellschafter aufweist und zumindest einer dieser Gesellschafter auch in der Geschäftsführung tätig ist. Weist die zugehörige Komplementär-Gesellschaft mehr als zwei persönlich haftende Gesellschafter auf, handelt es sich nicht um ein mittelständisches Unternehmen. Bei Kapitalgesellschaften (GmbH, AG, eG) liegt ein mittelständisches Unternehmen vor, wenn die Gesellschafter, Aktionäre oder Genossenschafter nicht mehr als zwei natürliche Personen umfassen und zumindest eine dieser Personen auch als Geschäftsführer wirkt. Weist eine Kapitalgesellschaft sowohl ein oder zwei natürliche als auch eine oder mehrere juristische Personen als Gesellschafter, Aktionäre oder Genossenschafter auf, so müssen die natürlichen Personen eine Anteilsmehrheit besitzen und in der Geschäftsführung vertreten sein, damit das Unternehmen als mittelständisches Unternehmen betrachtet wird. Kapitalgesellschaften mit mehr als zwei Gesellschaftern, Aktionären oder Genossenschaftern sowie Kapitalgesellschaften, in denen juristische Personen die Anteilsmehrheit besitzen, sind keine mittelständischen Unternehmen.

- 171 Im Jahresgutachten 2016 wurde der Beitrag von KMU zu Forschung und Innovation in Deutschland betrachtet. Vgl. EFI (2016; Kapitel B1). Im vorliegenden Kapitel liegt der Fokus auf dem eigen tümergeführten Mittelstand. Daher werden keine direkten Vergleiche zwischen den Jahresgutachten vorgenommen.
- 172 Vgl. Rammer et al. (2025).
- 173 Vgl. Welter et al. (2015) und Block und Spiegel (2013).
- 174 Vgl. Peters et al. (2026).
- 175 Innovationsaktivitäten von Unternehmen können sowohl interne FuE-Aktivitäten (z. B. Entwicklung neuer Produkte) umfassen als auch Innovationsaktivitäten ohne eigene FuE-Anstrengungen (z. B. Marketinginnovationen, Übernahme und Anpassung vorhandener Technologien).
- 176 Vgl. Peters et al. (2026: 9).
- 177 Vgl. Welter et al. (2015).
- 178 Vgl. Hill und Rothaermel (2003).
- 179 Vgl. Welter et al. (2015).
- 180 Die EU-Definition differenziert zwischen Kleinst- (mit einer Beschäftigtenzahl unter 10) und Kleinunternehmen mit einer Beschäftigtenzahl von zehn bis 49. Da die folgenden Analysen auf Daten des Mannheimer Innovationspanels beruhen, das nur Unternehmen ab 5 Beschäftigten erfasst, wird eine

Gruppe von Unternehmen mit 5 bis 49 Beschäftigten gebildet und im Folgenden als „Kleinunternehmen“ bezeichnet.

- 181 Vgl. Peters et al. (2026: 14).
- 182 Die Branchengruppen werden auf Basis des Wirtschaftszweigs des Unternehmens unterschieden. Die forschungsintensive Industrie wird definiert über die Abteilungen 20-21 und 26-30 der Wirtschaftszweigsystematik, d. h. Chemie-, Pharma- und Elektroindustrie sowie Maschinen- und Fahrzeugbau. Die wissensintensiven Dienstleistungen werden definiert über die Abteilungen 58-66, 69-73 der Wirtschaftszweigsystematik, d. h. Medien-, IKT-, Finanzdienstleistungen, Rechts-/Steuer-/Unternehmensberatung, Ingenieurbüros, FuE, Werbung. Die sonstige Industrie wird definiert über die Abteilungen 5-19, 22-25, 31-39 der Wirtschaftszweigsystematik und sonstige Dienstleistungen werden definiert über die Abteilungen 46, 49-53, 74, 78-82 der Wirtschaftszweigsystematik. Vgl. Peters et al. (2026: 9 f.).
- 183 Vgl. OECD und Eurostat (2018).
- 184 Für eine Auflistung der Kovariaten vgl. Peters et al. (2026: 39), Tabelle 2-1.
- 185 Vgl. Peters et al. (2026: 39), Tabelle 2-1.
- 186 Vgl. Peters et al. (2026: 41), Tabelle 2-3.
- 187 Vgl. Peters et al. (2026: 41), Tabelle 2-3.
- 188 Vgl. Peters et al. (2026: 40), Tabelle 2-2.
- 189 Vgl. Peters et al. (2026: 43), Tabelle 2-4.
- 190 Evidenz darüber, wie stark der Zusammenhang zwischen FuE-Aufwendungen und Produktivität ausfällt, ist heterogen: Unterschiedliche Arten von FuE-Aktivitäten (z. B. Grundlagenforschung, angewandte Forschung, experimentelle Entwicklung) können verschieden auf Produktivität wirken. Vgl. Ugur et al. (2016).
- 191 Vgl. Peters et al. (2018), Bloom et al. (2020) und Gordon (2012).
- 192 Vgl. Peters et al. (2026).
- 193 Die Ergebnisse basieren auf Produktivitätsschätzungen mit dem Verfahren von Ackerberg et al. (2015). Die Produktionsfunktion wurde in der Pro-Kopf-Form geschätzt, d. h. als abhängige Variable wird in den Schätzungen jeweils die Bruttowertschöpfung pro Beschäftigten verwendet. Die Produktionsfunktion wird mit verschiedenen Innovationsindikatoren jeweils separat geschätzt. Für eine detaillierte Darstellung des Schätzverfahrens vgl. Peters et al. (2026: 83). Für eine Aufstellung der Kovariaten vgl. Peters et al. (2026: 84).
- 194 Der Produktivitätsvorteil von Innovationsausgaben beträgt in mittelständischen Unternehmen 8,3 Prozent und 4,6 Prozent in vergleichbaren nicht-mittelständischen Unternehmen. Analog beträgt der

- Vorteil von FuE-Ausgaben 6,9 bzw. 3,9 Prozent, der Vorteil von Produktinnovationen 6,4 bzw. 3,0 Prozent, der Vorteil von Prozessinnovationen 6,4 bzw. 2,9 Prozent und der Vorteil von Marktneuheiten 10,2 bzw. 6,7 Prozent. Diese Unterschiede in den Produktivitätsvorteilen zwischen mittelständischen und nicht-mittelständischen Unternehmen sind statistisch signifikant. Vgl. Peters et al. (2026: 93) Tabelle 3-6.
- 195 Die Digitalisierungsaktivitäten werden über die Ausgaben für Software und Datenbanken gemessen. Diese Ausgaben sind im MIP erst seit 2011 verfügbar. Daher basieren die Schätzungen für Ausgaben für Software und Datenbanken auf dem Zeitraum 2011 bis 2024. Der Produktivitätsvorteil von Digitalisierung beträgt in mittelständischen Unternehmen 11,0 Prozent und 7,4 Prozent in vergleichbaren nicht-mittelständischen Unternehmen. Vgl. Peters et al. (2026: 94) Tabelle 3-7.
- 196 Eine Förderung über die Forschungszulage ist hierbei nicht berücksichtigt.
- 197 Vgl. Peters et al. (2026: 115), Abbildung 4-1.
- 198 Bei Großunternehmen wiesen das Bundesbildungsministerium und die EU-Kommission höhere Anteilswerte als das Bundeswirtschaftsministerium auf, da die meisten Förderangebote des Bundeswirtschaftsministeriums auf KMU oder mittelgroße Unternehmen bis 1.000 Beschäftigte begrenzt sind.
- 199 Vgl. Peters et al. (2026: 116), Tabelle 4-2.
- 200 Vgl. SVR (2025) Ziffer 298 und Güceri und Liu (2019).
- 201 Vgl. Rammer (2025), Köhler et al. (2012), Blandinières und Steinbrenner (2021), OECD (2023). Vgl. [https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Steuern/Steuerliche\\_Themengebiete/Forschungszulage/forschungszulage.html](https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Steuern/Steuерliche_Themengebiete/Forschungszulage/forschungszulage.html) (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Unter den Nutzenden der Forschungszulage entfielen im Zeitraum 2020 bis 2023 84 Prozent auf KMU. Vgl. Peters et al. (2026: 128).
- 202 Vgl. Peters et al. (2026: 119), Abbildung 4-4.
- 203 Bei Großunternehmen ist im Gegensatz zu den KMU der Anteil der FuE-aktiven Unternehmen mit Zuschussförderung im Zeitraum 2020 bis 2023 allerdings gestiegen. Vgl. Peters et al. (2026: 117).
- 204 Vgl. Peters et al. (2026: 119), Tabelle 4-4.
- 205 Der Anstieg der Fördersumme geht u. a. auf thematische Bundesförderungen zurück, etwa in den Bereichen Corona-Impfstoffe, Mikroelektronik und CO<sub>2</sub>-neutrale Verfahren in der Stahlindustrie.
- 206 Ein teilpositiv beschiedener Antrag bedeutet, dass von der Bescheinigungsstelle Forschungszulage nur ein Teil des beantragten Vorhabens als förderfähig anerkannt wurde.
- 207 Vgl. Stehnken et al. (2024: 133).
- 208 Vgl. Rammer (2025).
- 209 Vgl. Peters et al. (2026).
- 210 In der vorliegenden Analyse wird das themenoffene Förderprogramm Eurostars zu den Fachprogrammen des Bundes gezählt.
- 211 Vgl. SV Wissenschaftsstatistik (2023).
- 212 Vgl. Peters et al. (2026: 123) Abbildung 4-6.
- 213 Vgl. Peters et al. (2026).
- 214 Die Ergebnisse für die anderen Förderangebote weisen im Gegensatz dazu auf eine eher kontinuierliche Fördermittelbeantragung hinsichtlich der Nutzung von Förderangeboten hin. So hat mehr als die Hälfte der Unternehmen, die zwischen 2020 und 2023 Fachprogramme des Bundes oder ZIM genutzt haben, bereits im Zeitraum davor mindestens eins der vier verfügbaren Förderangebote genutzt. Für Unternehmen mit EU-Förderung beläuft sich dieser Anteil sogar auf zwei Drittel.
- 215 Vgl. Rammer et al. (2025: 6 f).
- 216 Vgl. Müller (2025).
- 217 Vgl. Peters et al. (2026: 63 ff) und Brink und Icks (2025). Mit 43,5 Prozent benannte im „Zukunftspanel Mittelstand“ fast jedes zweite Unternehmen „Fachkräfte/demografische Entwicklung“ als seine größte Herausforderung. Die Auswirkungen von Bürokratiekosten auf Investitionen und Produktivitätsfaktoren betrachtet der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung ausführlich im Gutachten 2025. Vgl. SVR (2025).
- 218 Eine Sonderbefragung des KfW-Mittelstandspansels zeigt, dass 32,4 Prozent der KMU in Deutschland die Möglichkeit einer Weiterbeschäftigung von Mitarbeitenden über das gesetzliche Renteneintrittsalter hinaus anbieten. Für 52,6 Prozent der befragten Unternehmen spielt die Weiterbeschäftigung von Mitarbeitenden hingegen keine Rolle. In kleineren Unternehmen mit weniger als fünf Beschäftigten liegt der Anteil an Weiterbeschäftigung angeboten bei 26,3 Prozent, während in Unternehmen mit 50 und mehr Beschäftigten über 70 Prozent entsprechende Modelle implementiert haben. Größere Unternehmen haben eher die Möglichkeit, flexible Modelle für ältere Beschäftigte zu schaffen. Betrachtet man nur die Unternehmen, die die Weiterbeschäftigung Älterer als relevant einstufen, steigt der Anteil der kleineren Unternehmen mit Weiterbeschäftigung angeboten indes deutlich an, was auf ein vorhandenes Potenzial auch in KMU hinweist. Vgl. Schmidt (2025).
- 219 Ältere Beschäftigte bringen ihr Innovationspotenzial damit länger in die Wirtschaft ein – sowohl als erfahrene Fachkräfte in bestehenden Unternehmen

als auch als Gründerinnen und Gründer, die ihre Kenntnisse bei der Entwicklung und Vermarktung neuer Ideen einsetzen. Unternehmensgründungen durch ältere Personen zeigen im Durchschnitt ausgeprägtere und regelmäßigere FuE-Aktivitäten. Der höhere Innovationsbeitrag von Unternehmensgründungen durch Ältere geht mit häufigeren und stärker ausgeprägten Aktivitäten in FuE einher. Vgl. EFI (2023: Kapitel B 1).

- 220 Vgl. Achleitner et al. (2023).
- 221 Die Rahmenbedingungen für eine Weiterbeschäftigung wurden durch die Politik in den vergangenen Jahren zunehmend attraktiver gestaltet, beispielsweise durch die sogenannte Aktivrente. Sie ermöglicht steuerfreie Hinzuerwerbsmöglichkeiten und bietet somit finanzielle Anreize für eine längere Erwerbsbeteiligung älterer Beschäftigter.
- 222 Vgl. Schmidt (2025).
- 223 Im Jahr 2024 waren 31 Prozent der Erwerbstätigen in Deutschland in Teilzeit beschäftigt. Besonders deutlich zeigt sich dabei der Unterschied zwischen den Geschlechtern: Jede zweite Frau (50 Prozent) arbeitete in Teilzeit, während dies lediglich bei gut jedem siebten Mann (14 Prozent) der Fall war. Vgl. <https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/12211/table/12211-0011/search/s/MTIyMTEgdW5kIGVyd2VyYnN05HRpZ2U%3D> (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Unabhängig vom Geschlecht ist die Zahl der unfreiwillig in Teilzeit Beschäftigten in den letzten Jahren zurückgegangen. Im Jahr 2014 arbeiteten 13,6 Prozent unfreiwillig in Teilzeit, 2024 waren es nur noch 4,7 Prozent. Vgl. auch Achleitner et al. (2023).
- 224 Hohe Weiterbildungsbeteiligung bei akademischen Berufen (10,5 Prozent); bei Anlagen- und Maschinenbedienern und -bedienerinnen (1,9 Prozent) sowie bei Hilfsarbeitskräften (1,1 Prozent) sehr gering. Vgl. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/05/PD25\\_175\\_13.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/05/PD25_175_13.html) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 225 Vgl. Coscignano et al. (2025) für eine Analyse, inwieweit eine Erhöhung des Arbeitskräfteangebots das Wachstum und die Staatseinnahmen steigern könnten. Die betrachteten Szenarien berücksichtigen erstens die Aktivierung nichterwerbstätiger Menschen in Deutschland unter 65 Jahren, zweitens die Erhöhung der Erwerbstunden der Unterbeschäftigten, drittens die Erhöhung der Erwerbsbeteiligung von Menschen jenseits des Regelrenteneintrittsalters und viertens eine einmalige zusätzliche Einwanderung.
- 226 Vgl. BMAS (2025). Das One-Stop-Government bezeichnet ein Verwaltungskonzept, bei dem Bür-

gerinnen und Bürger sowie Unternehmen alle relevanten öffentlichen Dienstleistungen über eine einzige Anlaufstelle erreichen können – mit dem Ziel, Behördengänge einfacher, schneller und nutzerfreundlicher zu machen. Das Once-Only-Prinzip bedeutet, dass Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen bestimmte Informationen und Dokumente nur einmal einreichen müssen, wenn sie staatliche und öffentliche Dienstleistungen beantragen. Mit ihrer Zustimmung können Behörden die Daten dann wiederverwenden und untereinander austauschen.

- 227 Vgl. Achleitner et al. (2023) und EFI (2024: Kapitel B 2).
- 228 Vgl. EFI (2025: Kapitel B1).
- 229 Vgl. Zika et al. (2025), Autor (2024), Autor (2022).
- 230 Vgl. Achleitner et al. (2023), Plattform Lernende Systeme (2025), Plattform Lernende Systeme (2021), Grienberger et al. (2024), EFI (2024).
- 231 Vgl. Rammer et al. (2020) und Lübbbers et al. (2024).
- 232 KI4KMU vom BMFTR fördert KMU-Forschung zu KI; die Förderdatenbank listet 48 Förderangebote mit Bezug zu KI, die KMU offenstehen. Die Zentren des Netzwerks Mittelstand-Digital bieten Beratung für KMU zum Einsatz von KI an. Vgl. <https://www.mittelstand-digital-wertnetzwerke.de/themen-im-fokus/kuenstliche-intelligenz/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 233 Regulierung und formelle Standards wirken über unterschiedliche Mechanismen auf Innovation. Regulierungen können Innovationen durch Mindestanforderungen oder Zulassungspflichten beeinflussen. Standards können Innovationen durch die Vereinheitlichung technischer Anforderungen oder die Förderung von Kompatibilität beeinflussen. Empirische Studien zeigen, dass beide Instrumente – je nach Ausgestaltung – sowohl anreizsetzende als auch hemmende Effekte auf Innovationen entfalten können, insbesondere in Märkten mit hoher Unsicherheit. Für eine Analyse der Auswirkungen formaler Standards und Vorschriften auf die Innovationseffizienz von Unternehmen vgl. Blind et al. (2017).
- 234 Vgl. DIHK (2022: 5) und EFI (2024).
- 235 Eine Befragung von Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau, die einen Antrag auf Forschungszulage gestellt haben, zeigt, dass dabei 60 Prozent auf Leistungen von Förderberatern zurückgegriffen haben. Neben kommerziellen Dienstleistern, die die Beschreibung des FuE-Vorhabens und die Einreichung der notwendigen Formulare unterstützen, können auch Verbände, öffentliche Beratungsstellen oder die Bescheinigungsstelle selbst als Förder-

- berater agieren, die eher Auskünfte zu Förderverfahren und -bedingungen liefern. Vgl. Rammer (2024).
- 236** Von den Unternehmen mit einem Finanzamts-Bescheid sehen 41 Prozent die Dokumentation der FuE-Personalkosten als Herausforderung an. Diese Dokumentation umfasst in erster Linie die Arbeitszeit des FuE-Personals und die Berechnung der Personalkostensätze. Vgl. Rammer (2024).
- 237** Den Verzicht auf die Antragstellung zur Forschungszulage begründete etwa jedes dritte FuE-aktive Unternehmen mit der Unsicherheit, ob die entsprechenden FuE-Aufwendungen förderfähig seien. Ebenso viele Unternehmen gaben fehlende Informationen zu den Einzelheiten der Förderung, fehlende personelle Ressourcen für die Antragstellung oder ein Missverhältnis zwischen dem Aufwand einer Antragstellung und dem erwarteten Ertrag als Grund für einen Verzicht an. Vgl. Rammer (2024).
- 238** Vgl. Gottschalk und Rodepeter (2025).
- 239** Bürokratische Hemmnisse fasst hier die Einzelhemmnisse „Bestehende Gesetzgebung, rechtliche Regelungen, Normen“, „Große Unsicherheit über zukünftige (gesetzliche) Rahmenbedingungen“ sowie „Lange Planungs- bzw. Genehmigungsverfahren“ zusammen. In einem schwächeren Ausmaß zählen auch die Einzelhemmnisse „Unsicherheit über den wirtschaftlichen Erfolg“ und „Lange Amortisationszeiten des angestrebten Innovationsergebnisses“ dazu. Vgl. Zimmermann (2025).
- 240** Der Nationale Normenkontrollrat hat im Jahr 2017 das gesamtwirtschaftliche Einsparpotenzial durch eine modernisierte Registerstruktur auf jährlich sechs Milliarden Euro geschätzt. Vgl. Nationaler Normenkontrollrat (2017).
- 241** Praxischeck ist ein Verfahren, das im direkten Austausch mit Stakeholdern bürokratische Hürden in behördlichen Verfahren mit dem Ziel identifiziert, rechtliche und praktische Hemmnisse sichtbar zu machen und gezielt zu beheben.
- 242** Vgl. Holz et al. (2025).
- 243** Vgl. BMWK (2024b).
- 244** Vgl. Die Bundesregierung (2025).
- 245** Vgl. Die Bundesregierung (2025).
- 246** Vgl. Schwartz und Gerstenberger (2025).
- 247** Vgl. Kay et al. (2024).
- 248** Vgl. Pahnke et al. (2017).
- B 2**
- 249** Das deutsche Hochschulsystem ist durch zwei zentrale Strukturprinzipien geprägt: breiter Zugang und föderale Vielfalt. Das bundesweit dichte Netz an an Hochschulen umfasste im Jahr 2025 neben 122 Universitäten 243 Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) sowie 57 Künstlerische Hochschulen und erstreckt sich von großen Metropolregionen bis in ländliche Räume. Vgl. HRK (2025). Diese Dezentralität ermöglicht es, Bildungspotenziale in allen Teilen Deutschlands zu erschließen und Fachkräfte auch außerhalb der großen Städte auszubilden. Mit mehr als 500.000 Hochschulabsolventinnen und -absolventen jährlich gehört es zu den größten Hochschulsystemen Europas. Vgl. Eurostat (2025a). Die Zuständigkeit für das Hochschulwesen liegt gemäß Art. 30 und Art. 70 Grundgesetz bei den Bundesländern und wird geregelt in den jeweiligen Landeshochschulgesetzen. Grundlage für die gemeinsame Wissenschaftsförderung von Bund und Ländern bildet Art. 91b des Grundgesetzes.
- 250** Vgl. HRK (2025).
- 251** Themenoffene Wettbewerbe finden sich insbesondere in den Förderprogrammen der DFG, die erkenntnisgeleitete Forschungsvorhaben („curiosity-driven science“) unterstützen und dabei auf wissenschaftliche Exzellenz abstellen. Themen spezifische Wettbewerbe finden sich beispielsweise in der direkten Projektförderung des BMFTR. Themen spezifische Wettbewerbe können einerseits gezielt dazu eingesetzt werden, den Fokus von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf die Entwicklung von Lösungen für drängende gesellschaftliche Fragen zu setzen. Vgl. z. B. Norn et al. (2024). Andererseits bergen sie das Risiko, zu eng gefasst zu sein. Vgl. z. B. „undone science“ in Gläser und Laudel (2016). Seit dem Jahr 2015 ist der Anteil der vom Bund erhaltenen Drittmitteleinnahmen der Hochschulen kontinuierlich gestiegen und lag im Jahr 2022 bei 31,4 Prozent gegenüber 30,3 Prozent von Seiten der DFG, 14,7 Prozent aus der Wirtschaft, 10,0 Prozent EU-Förderung und 6,9 Prozent Stiftungsgeldern. Vgl. DFG (2024).
- 252** Setzt man die Drittmittelfinanzierung der Hochschulen in Relation zu der Entwicklung der Grundmittel, so lag die Drittmittelquote im Jahr 2022 bei 28,0 Prozent und damit auf einem ähnlichen Niveau wie im Jahr 2012 mit 27,9 Prozent, wohingegen sie im Jahr 2002 noch bei 18,5 Prozent lag. Vgl. <https://foerderatlas.dfg.de/daten/entwicklung-der-grundmittel-und-drittmittelfinanzierung-von-hochschulen-1997-bis-2022/> (letzter Abruf am

16. Januar 2026). Im Jahr 2022 betragen die Drittmittel der Hochschulen je Professur durchschnittlich 223.580 Euro, im Jahr 2013 waren es 173.050 Euro; dabei gibt es jedoch deutliche Schwankungen zwischen den Fächergruppen. Vgl. Destatis (2025a). In einer im Jahr 2022 durchgeföhrten Umfrage unter Professorinnen und Professoren in den Bereichen Maschinenbau, Biologie, Betriebswirtschaft und Soziologie gaben 69 Prozent der Befragten an, ihre Forschungsvorhaben ohne Drittmittel nicht durchführen zu können, wobei insbesondere Professorinnen und Professoren im Maschinenbau viele Drittmitelanträge verfassten. Vgl. Wilkesmann und Lauer (2025).

253 Vgl. DFG (2024).

254 Einen guten Einstieg in die Literatur zu risikanten Forschungsvorhaben im Drittmittelkontext bieten Franzoni et al. (2022) sowie Franzoni und Stephan (2023) mit grundlegenden Erläuterungen zu verschiedenen Arten von Ungewissheit den zugrunde liegenden Mechanismen im Begutachtungsverfahren und möglichen Lösungsansätzen. Insbesondere wird vorgeschlagen, anstelle eines Gesamтурteils Potenzial und Risiko getrennt voneinander bewerten zu lassen, um kognitiven Biases in der Bewertung zu begegnen. Ein weiterer möglicher Lösungsansatz ist die Nutzung von Sondervoten („wild cards“), um einer uneinheitlichen Bewertung bei besonders innovativen Projekten zu begegnen. Vgl. z. B. WR (2017). Verschiedene qualitative Studien geben vertiefende Einblicke in strategische Überlegungen und Risikobetrachtungen individueller Akteure. Vgl. z. B. Luukkonen (2012) für Gutachterinnen und Gutachter im ERC-Kontext; Stage und Utoft (2023) sowie Bloch et al. (2025) für Fördermittelempfängerinnen und -empfänger im dänischen Villum Experiment; Hamann und Stein (2025) für Antragstellerinnen und -steller im Reinhart Koselleck Programm der DFG. Beispiele für quantitative Studien, die anhand früherer Publikationen von Antragstellenden die Neuartigkeit eingereichter Forschungsvorhaben einschätzen und deren Chance auf Bewilligung betrachten, sind Ayoubi et al. (2021) für das Sinergia Programm des Schweizer Nationalfonds und Veugelers et al. (2025) für den ERC.

255 Weitere Beispiele im deutschen Kontext sind die mittlerweile eingestellte Förderlinie „Experiment!“ und die aktuelle Förderlinie „Pionierzvorhaben – Explorationen des unbekannten Unbekannten“ der VolkswagenStiftung. Vgl. Röbbecke und Simon (2023).

256 Der Zeitaufwand für die Erstellung von Drittmitelanträgen ist hoch. Vgl. z. B. Schweiger (2023).

Darüber hinaus werden im sogenannten Peer Review Kapazitäten gebunden, da andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sicherstellen, dass zur Förderung empfohlene Forschungsvorhaben einerseits den wissenschaftlichen Ansprüchen genügen und für die Förderlinie relevant sind und andererseits die jeweils vielversprechendsten Vorhaben darstellen. Vgl. z. B. Langfeldt (2025). Dabei sind Top-Vorhaben zumeist schnell identifiziert, wohingegen die Festlegung einer Reihenfolge mit vielfältigen Herausforderungen verbunden ist, insbesondere hinsichtlich Entscheidungen, welche Forschungsvorhaben gerade noch gefördert werden und welche gerade nicht mehr. Vgl. z. B. Adam (2019); Langfeldt (2025). Grundsätzlich besteht eine weitere Herausforderung darin, geeignete Peer Reviewer zu finden und zu motivieren; dies verschärft sich vor dem Hintergrund steigender Einreichungszahlen. Vgl. z. B. Naddaf (2025).

257 Bei einem zweistufigen Antragsverfahren wird zunächst eine Projektskizze eingereicht und nur die in der ersten Runde erfolgreichen Antragstellenden werden im Anschluss dazu aufgefordert, einen Vollantrag einzureichen. Dies reduziert den Aufwand sowohl für Gutachterinnen und Gutachter wie auch für Antragstellerinnen und Antragsteller.

258 In der aktuellen Diskussion gibt es verschiedene Ansätze, an welcher Stelle und in welchem Umfang Randomisierungselemente in Begutachtungsverfahren eingesetzt werden können. Bei Lottery-First-Ansätzen sind die Zufallsentscheidungen dem Begutachtungsprozess durch andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler („Peer Review“) vorgeschaltet. Vgl. Luebber et al. (2025). Bei Qualified-Lotteries-Ansätzen hingegen wirkt ein vorgelagertes Peer Review Verfahren qualitätssichernd. Vgl. Frey et al. (2023). Verschiedene Varianten von „qualified lotteries“ und tatsächlichen Anwendungen dieser in der Praxis werden in Feliciani et al. (2024) beschrieben. So setzt beispielsweise der Schweizer Nationalfonds sogenannte „tie-breaking partial lotteries“ ein, wenn für mehrere gleichwertige Anträge entschieden werden muss, welche gerade noch gefördert bzw. gerade nicht mehr gefördert werden können. Vgl. z. B. Singh Chawla (2021). Vergleichbare Überlegungen finden sich auch in einem Positionspapier des Wissenschaftsrates. Vgl. WR (2017). Erste praktische Erfahrungen zum Einsatz von dem Peer Review Prozess nachgelagerten Randomisierungselementen sind in Deutschland im Rahmen der „Experiment!“-Förderlinie der VolkswagenStiftung gesammelt worden. Vgl. Röbbecke und Simon (2023). Weitere Varianten wurden bei

- den DATIpilot Innovationsprints sowie den Freiraum-Ausschreibungen der Stiftung Innovation in der Hochschullehre erprobt.
- 259 Vgl. z. B. WR (2023) und Netzwerk der Projektträger (2023).
- 260 Hier wurden insgesamt sechs Forschungsteams und ein Begleitprojekt gefördert. Im März 2025 verzeichnete die Challenge insgesamt 55 Veröffentlichungen, sechs Patentanmeldungen und vier Ausgründungen; das Siegerteam wurde auf der IT-Sicherheitsforschung-Konferenz gekürt und dazu aufgefordert, einen Vollantrag zu stellen, um die Arbeiten mit BMFTR-Förderung fortführen zu können. Vgl. <https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/nationale-konferenz-it-sicherheitsforschung-2025/nachberichterstattung/grand-challenge-der-quantenkommunikation> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 261 Die SPRIND Challenges sind mehrstufig konzipiert. Zwischen der Veröffentlichung einer Ausschreibung und dem Finanzierungsstart für die ausgewählten Teams vergehen nur wenige Wochen. Die Challenge selbst geht meist über mehrere Jahre in zwei bis drei Stufen, wobei regelmäßig geprüft wird, welche Teams weiter unterstützt werden und welche aus dem Innovationswettbewerb ausscheiden. Vgl. <https://www.spring.org/ueberblick> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 262 Vgl. Judkevič et al. (2023).
- 263 Vgl. Cremonini et al. (2018); Sivertsen und Aagaard (2025).
- 264 Vgl. Bund-Länder-Vereinbarung (2005).
- 265 Vgl. Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2016).
- 266 Dazu sind mindestens zwei Exzellenzcluster an derselben Universität erforderlich bzw. mindestens drei bei Universitätsverbünden, wobei jede der am Verbund beteiligten Universitäten über mindestens einen Exzellenzcluster verfügen oder an einem gemeinsamen Exzellenzcluster beteiligt sein muss. Vgl. § 4 in Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2016); Bund-Länder-Vereinbarung (2022).
- 267 Vgl. Spang-Grau (2018).
- 268 Vgl. IEKE (2016).
- 269 Vgl. IEKE (2016: 43–44).
- 270 Vgl. § 7 in Bund-Länder-Vereinbarung (2022).
- 271 Vgl. <https://koalitionsvertrag.org/section/exzellenz-strategie> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 272 Die Studie von Menter et al. (2018) betrachtet den Zeitraum um die 1. Förderrunde der Exzellenzinitiative 2006 und zeigt deskriptiv, dass insbesondere Universitäten mit Graduiertenschule und/oder Exzellenzcluster ohne Zukunftskonzept den Publikationsoutput pro Wissenschaftlerin und Wissen-schaftler gesteigert haben, „Zukunftskonzept“-Universitäten hingegen nicht. Die Studien von Civera et al. (2020) sowie Carayol und Maublanc (2025) fokussieren sich auf „Zukunftskonzept“-Universitäten unterschiedlicher Förderrunden im Vergleich zu ausgewählten Universitäten im Ausland und finden signifikant positive Effekte auf den Publikationsoutput. Die Studie von Cantner et al. (2023) betrachtet wie Menter et al. (2018) ausschließlich Universitäten in Deutschland, allerdings „Zukunftskonzept“-Universitäten aus allen drei Förderrunden 2006, 2007 und 2012. Der Publikationsoutput wird zum eingesetzten Input in Form von Personal und Ausgaben ins Verhältnis gesetzt. Wie bei Civera et al. (2020) und Carayol und Maublanc (2025) wird eine Kombination aus Matching- und Difference-in-Difference-Ansatz eingesetzt, allerdings zeigt sich kein signifikanter Effekt für „Zukunftskonzept“-Universitäten. Vielmehr gibt es Hinweise darauf, dass die Universitäten mit Graduiertenschule und/oder Exzellenzcluster ohne Zukunftskonzept ihre Produktivität im Bereich Forschung verbessert haben.
- 273 Die Studie von Carayol und Maublanc (2025) betrachtet in einer Schätzung die Anzahl an Publikationen mit internationaler Ko-Autorenschaft und findet einen signifikant positiven Effekt für deutsche „Zukunftskonzept“-Universitäten.
- 274 In der Studie von Möller et al. (2016) werden die Anteile an top-zitierten Publikationen von Universitäten betrachtet, die in Kooperation mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen entstanden sind. Diese lagen im Zeitraum 2008 bis 2011 nach Start der Exzellenzinitiative höher als im Zeitraum 2003 bis 2006. Insbesondere bei Kooperationen mit der Max-Planck-Gesellschaft ist mehr als die Hälfte dieses Anstiegs auf Exzellenzcluster zurückzuführen.
- 275 Die Studie von Carayol und Maublanc (2025) betrachtet in einer Schätzung die Anzahl an Publikationen mit Ko-Autorenschaft mit Unternehmen und findet einen signifikant positiven Effekt für deutsche „Zukunftskonzept“-Universitäten.
- 276 Die Studie von Civera et al. (2020) beobachtet einen signifikant negativen Effekt hinsichtlich der erhaltenen Zitationen pro Publikation für deutsche „Zukunftskonzept“-Universitäten. In der Interpretation der Ergebnisse wird betont, dass dies damit zusammenhängen könnte, dass diese vor der Förderrunde besonders aktiv waren und dann hinter dem daraus abgeleiteten erwarteten weiteren Anstieg zurückgeblieben sind. Die Studie von Carayol und Maublanc (2025) fokussiert auf die Anzahl top-

zitierter Publikationen im jeweiligen Forschungsbereich und findet einen insignifikanten Effekt für deutsche „Zukunftskonzept“-Universitäten. In der Studie von Möller et al. (2016) wird der Anteil an top-zitierten Publikationen an allen Publikationen deutscher Hochschulen sowie außeruniversitärer Forschungseinrichtungen betrachtet, der im Zeitraum 2008 bis 2011 gegenüber dem Zeitraum 2003 bis 2006 angestiegen ist. Mehr als die Hälfte dieses Anstiegs ist dabei auf Exzellenzcluster zurückzuführen.

- 277 Informationen auf Ebene geförderter Projekte werden derzeit beispielsweise im Förderkatalog (insbesondere BMFTR) und in GEPRIS (DFG) gesammelt, wobei nicht erkennbar ist, welche einzelnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterhalb der Principal-Investigator-Ebene darin beschäftigt sind. Im DFG-Förderatlas werden aggregierte Statistiken z. B. auf Ebene der Hochschulen aufgezeigt.
- 278 Ein international angeschlossfähiger Identifier wäre beispielsweise die ORCID. Vgl. <https://info.orcid.org/de/what-is-orcid/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 279 Vgl. <https://bibliometrie.info/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 280 Vgl. [https://nva.sikt.no/](https://nva.sikt.no;); <https://sikt.no/tjenester/nasjonalt-vitenarkiv-nva> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 281 Für eine Bestandsaufnahme sowie mögliche Lösungsansätze aus der Perspektive verschiedener Akteure im deutschen Wissenschaftssystem vgl. z. B. Haug et al. (2025); Bundesvereinigung der Kanzleirinnen und Kanzler der Universitäten Deutschlands (2025) sowie Struwe et al. (2026). Für Überlegungen und Initiativen zum Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Hochschulverwaltung vgl. z. B. <https://kdu.dh.nrw/ki> und <https://www.uni-mannheim.de/it/projekte/bwki-transfer/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 282 Berufungsverfahren erfolgen in mehreren Schritten unter Beteiligung verschiedener Akteursgruppen. Vgl. Neukirchen und Emmrich (2021). Maßgebliche Rahmenbedingungen für ihre Ausgestaltung und Durchführung sind Artikel 5 Absatz 3 (Wissenschaftsfreiheit) und Artikel 33 Absatz 2 (Grundsatz der Bestenauslese) des Grundgesetzes sowie die jeweiligen Landeshochschulgesetze. Hinzu kommen die Regeln zum Umgang mit (möglicher) Befangenheit im Verwaltungsverfahrensgesetz des Bundes (§§ 20, 21 VwVfG) und in den Verwaltungsverfahrensgesetzen der Länder. Aus dem Grundsatz der Bestenauslese leiten sich der Bewerbungsverfahrensanspruch und das Ausschreibungsangebot ab,

d. h. grundsätzlich muss jede potenziell geeignete Person Kenntnis von der zu besetzenden Stelle erlangen können. Nicht berücksichtigte Bewerberinnen und Bewerber haben die Möglichkeit, ein beamtenrechtliches Konkurrentenstreitverfahren einzuleiten, sofern sie eine Verletzung ihres Bewerbungsverfahrensanspruchs rügen. Konkretisierte Bestimmungen zum Umgang mit der Befangenheit beteiligter Akteure finden sich typischerweise nicht in den jeweiligen Landeshochschulgesetzen, sondern auf Ebene der einzelnen Hochschulen, etwa in Berufungsordnungen oder -leitfäden. In der Praxis orientieren sie sich oft an den Befangenheitskriterien der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), obwohl sich diese primär auf Begutachtungsverfahren im Drittmittelkontext beziehen.

- 283 Gemäß der Mitgliederbefragung des Deutschen Hochschulverbandes (DHV). Vgl. <https://www.forschung-und-lehre.de/karriere/professur/welche-trends-gibt-es-bei-berufungen-6825> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 284 Vgl. z. B. Leibniz-Gemeinschaft (2022).
- 285 Wenn eine Vielzahl von Befangenheitsgründen in Berufungsordnungen angesetzt wird, führt dies insbesondere in kleinen Fächern sowie bei sehr breiten Ausschreibungen dazu, dass Tatsachen, die die Besorgnis der Befangenheit begründen, auf die meisten Personen mit entsprechender Fachkompetenz und Vernetzung zutreffen. Vgl. Gläser et al. (2021); Neukirchen und Emmrich (2021). Da der Bewerbungsverfahrensanspruch nicht nur durch eine Missachtung der Befangenheitsvorschriften, sondern auch durch eine ungenügende Beachtung des Fachprinzips verletzt werden kann, entsteht ein grundlegendes Dilemma. Vgl. Neukirchen und Emmrich (2021: 118 ff.).
- 286 Im Jahr 2023 betrug der Anteil der Professorinnen und Professoren mit ausländischer Staatsbürgerschaft in Deutschland insgesamt 8,7 Prozent, wobei jede vierte Person darunter aus Österreich oder der Schweiz stammt. Vgl. DAAD (2025b). Für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in frühen Karrierephasen unterhalb der entfristeten Professur bietet Deutschland generell gute Forschungsbedingungen, jedoch führen die Unsicherheit über den weiteren Karriereverlauf und das hierarchische Lehrstuhl-System dazu, dass vielversprechende Talente Deutschland teils wieder verlassen. Vgl. z. B. Kwon (2025).
- 287 Beispiele dafür sind die Direktberufung (Art. 66 Abs. 7 Satz 1 Nr. 3 BayHIG) und die Exzellenzberufung (Art. 66 Abs. 8 BayHIG) in Bayern sowie

die Regelungen zu Berufungsverfahren ohne Ausschreibung für die Gewinnung herausragender Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Niedersachsen (§ 26 Abs. 1 Satz 2 Nr. 6 NHG) oder in Nordrhein-Westfalen (§ 38 Abs. 1 Satz 3 Nr. 3 HG NRW).

288 Vgl. EFI (2024).

289 Vgl. Krücken (2008).

290 Vgl. BMBF (2023).

291 Vgl. Destatis (2025a). Statistik der Studenten (21311-0002); Tabellen Hochschulen nach Hochschularten.

292 Vgl. Destatis (2025a). Statistik der Studenten (21311-0001). Nach ersten vorläufigen Analysen (Pressemitteilung Nr. 426 vom 28. November 2025) ist im laufenden WS 2025/26 wieder ein leichter Anstieg zu erkennen (+0,4 Prozent).

293 Private Hochschulen umfassen alle nicht-staatlichen Hochschulen in privater oder kirchlicher Trägerschaft.

294 Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).

295 Vgl. Destatis (2025a). Statistik des Hochschulpersonals (21341-0001).

296 Vgl. KMK (2025).

297 Vgl. WR (2010); WR (2022).

298 Vgl. hier und im Folgenden <https://hochschuldaten.che.de/private-und-kirchliche-hochschulen-2025/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026) und Hachmeister et al. (2024).

299 In der amtlichen Studierenden- und Prüfungsstatistik des Statistischen Bundesamts (Destatis) wird jeder Studiengang eindeutig einem Studienbereich und damit einer Fächergruppe zugeordnet. Die Zuordnung folgt der jeweils dominierenden Leitdisziplin und ist nicht hochschulspezifisch. Beispielsweise ist Wirtschaftsinformatik in der Destatis-Fächerstatistik dem Studienbereich Informatik und damit der Fächergruppe Ingenieurwissenschaften zugeordnet, Wirtschaftsingenieurwesen je nach Schwerpunkt entweder der Fächergruppe Ingenieurwissenschaften oder der Fächergruppe Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.

300 Vgl. Destatis (2025a). Hochschulstatistische Kennzahlen (21381-0005). Die laufenden Ausgaben (Grundmittel) je Studierende und je Studierenden der Fächergruppe Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (7.130 Euro im Jahr 2023) liegen konstant unter den Ausgaben anderer Fächergruppen wie Ingenieurwissenschaften (8.970 Euro), Geisteswissenschaften (8.090 Euro) und Mathematik, Naturwissenschaften (15.330 Euro). Vgl. <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-2.5.69.pdf> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

301 Vgl. <https://www.che.de/2024/23-000-studienangebote-rekordwert-trotz-sinkender-studierendenzahlen/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

302 Der Qualitätspakt Lehre (QPL, 2011-2020) förderte mit rund zwei Milliarden Euro die Verbesserung der Lehrbedingungen an 159 Hochschulen. Obwohl ein wettbewerblicher Auswahlprozess bestand und drittmittelearfahrene Einrichtungen höhere Bewilligungschancen hatten, war der QPL deutlich weniger selektiv als die Exzellenzinitiative: 63 Prozent aller antragsberechtigten Hochschulen für angewandte Wissenschaften erhielten Förderung, bei Universitäten lag die Quote noch höher. Die Median-Universität (gemessen an Drittmitteln pro Professur) hatte Bewilligungschancen von über 80 Prozent. Vgl. Herberholz (2023). Die Evaluation des QPL zeigt, dass die Betreuung Studierender intensiviert und zusätzliches Personal im Qualitäts- und Studienmanagement eingestellt wurde; sie kritisiert jedoch die fehlende Nachhaltigkeit. Vgl. Schmidt et al. (2022). Die breite Förderung und begrenzte Wettbewerbsintensität führten dazu, dass Hochschulleitungen den QPL nicht als strategisch relevant ansahen. Vgl. Götze et al. (2022). Der Hochschulpakt 2020 war nicht wettbewerbsorientiert, sondern verteilte Mittel nach Schlüssel. Beide Programme trugen zum Personalaufbau bei.

303 Vgl. Dill und Soo (2005).

304 Vgl. Unesco (2023); Kasneci et al. (2023).

305 Vgl. DAAD (2025a).

306 Vgl. <https://www.kcue.or.kr/en/work/disclosure.php> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

307 Vgl. Jones und Beom.

308 Vgl. <https://www.officeforstudents.org.uk/for-providers/quality-and-standards/about-the-tef/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

309 Vgl. UK Department for Education (2017).

310 Der Begriff internationale Studierende bezieht sich in diesem Kontext ausschließlich auf Bildungsausländerinnen und -ausländer. Dazu gehören alle Studierenden mit einer nicht-deutschen Staatsangehörigkeit, die ihre Hochschulzugangsberechtigung entweder im Ausland oder an einem Studienkolleg erhalten haben.

311 Vgl. Destatis (2025a). Statistischer Bericht – Statistik der Studierenden – Wintersemester 2024/2025. Zum Wintersemester 2024/25 waren 402.083 internationale Studierende an Hochschulen in Deutschland eingeschrieben. Den größten Anteil verzeichneten mit 18 Prozent Studierende aus anderen EU-Ländern, gefolgt von Indien (15 Prozent), China (10 Prozent), Türkei (5 Prozent), Iran (4 Prozent). Studierende aus den USA machten lediglich

- 1 Prozent aus. Für weiterführende Analysen zur Struktur und Entwicklung der internationalen Studierenden in Deutschland vgl. DAAD und DZHW (2025).
- 312** Vgl. HRK (2024). Weiterführende Studiengänge umfassen Studiengänge, die zu einem weiteren berufsbefähigenden Abschluss führen und als Zugangsvoraussetzung in der Regel einen Erstabschluss erfordern. Dazu zählen Masterstudiengänge sowie Aufbau-, Ergänzungs- und Zusatzstudiengänge wie Diplom- und Magisterstudiengänge mit zwei- bis viersemestriger Dauer.
- 313** Vgl. OECD (2025b).
- 314** Achleitner et al. (2023).
- 315** Vgl. Destatis (2025a). Grundlage für die Analyse bildeten internationale Studierende, die zwischen 2006 und 2011 erstmal einen Aufenthaltstitel zu Studienzwecken in Deutschland erhielten. Die größte Gruppe stellten chinesische Staatsangehörige (36.000 Personen). 29 Prozent von ihnen waren zehn Jahre später noch in Deutschland. Es folgten US-Amerikanerinnen und -Amerikaner (13.000, 14 Prozent Bleibequote), russische Staatsangehörige (12.000; 47 Prozent Bleibequote) und türkische Studierende (10.000, 28 Prozent Bleibequote). Das Statistische Bundesamt vermerkt in der Pressemeldung, dass diese Ergebnisse im Moment aufgrund methodischer Anpassungen überarbeitet werden. Ausschlaggebend für die Revision ist eine neue Methode zur Zuordnung von Personen, die zum Stichtag einen Antrag auf einen Aufenthaltstitel gestellt haben. Vgl. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/10/PD22\\_435\\_12.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/10/PD22_435_12.html) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 316** Vgl. OECD (2022) und Achleitner et al. (2023).
- 317** Die übrigen besitzen einen Aufenthaltsstatus aus familiären Gründen, zu weiteren Studienzwecken, zur Arbeitssuche oder aus völkerrechtlich-humanitären bzw. politischen Gründen.
- 318** Die Rechtmäßigkeit dieser Gebühr wurde durch den Verfassungsgerichtshof Baden-Württemberg mit Urteil vom 10. Oktober 2022 bestätigt und eine darauf aufbauende Klage gegen die Erhebung der Studiengebühr vom Verwaltungsgericht Karlsruhe mit Urteil vom 13. November 2024 abgewiesen. Vgl. Verwaltungsgericht Karlsruhe (2024). Eine im Landtag Baden-Württemberg diskutierte Abschaffung der Studiengebühren für Nicht-EU-Ausländerinnen und -Ausländer wurde aufgrund fehlender Gegenfinanzierung im Rahmen der Haushaltsberatungen 2025/2026 nicht umgesetzt. Vgl. Henkel-Waidhofer (2024) und <https://verwaltungsgericht-karlsruhe.justiz-bw.de/pb/Lde/Startseite/Presse/> Studiengebuehren+fuer+Nicht-EU-Auslaender+\_Kl age+erfolglos/?LISTPAGE=22979749 (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 319** Vgl. OECD (2025b).
- 320** Vgl. Geis-Thöne et al. (2025).
- 321** Vgl. Demange et al. (2020).
- 322** Vgl. Achleitner et al. (2023).
- 323** Vgl. § 2 Abs. 7 HRG: „Die Hochschulen fördern den Wissens- und Technologietransfer.“ Im Folgenden wird Wissenstransfer als Oberbegriff verwendet und der Technologietransfer als spezielle Form des Wissenstransfers behandelt, die sich auf die Übertragung von Forschungsergebnissen aus Forschungseinrichtungen in auf Märkten kommerzialisierbare Produkte, Verfahren und Dienstleistungen bezieht.
- 324** Vgl. König et al. (2024: 55–56).
- 325** Wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Forschung an Hochschulen bilden häufig die Grundlage für neue Technologien und innovative Entwicklungen. Vgl. Nelson (1962); Jaffe (1989); Narin et al. (1997); Cohen et al. (2002); Fleming und Sorenson (2004); Ahmadpoor und Jones (2017); Krieger et al. (2024). Erfindungen, die unmittelbar auf wissenschaftlichen Resultaten beruhen, sind häufig von herausragender Bedeutung für den technologischen Fortschritt und nachfolgende Innovationsprozesse. Vgl. Fleming und Sorenson (2004); Poege et al. (2019).
- 326** In den Lebenswissenschaften wird dieser Prozess – von der Forschung über klinische Studien bis hin zur Marktzulassung, insbesondere in Form neuer Medikamente – unter dem Begriff Translation diskutiert.
- 327** Anders als für die großen außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Rahmen des Monitorings für den Pakt für Forschung und Innovation, liegen für Hochschulen keine systematisch erhobenen Daten vor. Lizenz- und Patenteinnahmen werden in der Hochschulfinanzstatistik nicht separat ausgewiesen.
- 328** Es wird daher empfohlen, Innovationsökosysteme, Kapitalzugang und regulatorische Rahmenbedingungen so auszurichten, dass Forschungsergebnisse deutlich schneller und systematischer in wirtschaftliche Anwendungen überführt werden. Vgl. Draghi (2024).
- 329** Im Transferbarometer des Stifterverbandes sind Patente, Lizzenzen und Ausgründungen Teil der breiter gefassten Transferfelder „Forschungsbasierte Kooperation und Verwertung“ bzw. „Entrepreneurship“, die wiederum nur zwei von insgesamt acht Transferfeldern darstellen. Im Transferleitbild

- der Universitätsallianz UA 11+ spielen Patentverwertung und Gründungen eine nachrangige Rolle. Betont wird „die aktive Mitgestaltung von Lösungen zu drängenden regionalen sowie großen gesellschaftlichen Herausforderungen“, für die „technologische und soziale, kulturelle, pädagogische und politische Innovationen [...] gleichermaßen bedeutsam“ seien. Vgl. [https://www.ua11plus.de/wp-content/uploads/2025/06/UA11\\_Transferleitbild.pdf](https://www.ua11plus.de/wp-content/uploads/2025/06/UA11_Transferleitbild.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 330** Weitere Unterscheidungskriterien sind beispielsweise die Verbundenheit der Gründerinnen und Gründer mit der Hochschule zum Gründungszeitpunkt sowie ihr Verbleib an dieser nach der Gründung. Vgl. Kulicke (2023).
- 331** In Deep-Tech-Sektoren wie Photonik oder Quantentechnologien sind ein Großteil der europäischen Start-ups Ausgründungen aus Forschungseinrichtungen. Vgl. Dealroom et al. (2025).
- 332** Die von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Studie nutzt verschiedene methodische Ansätze, um akademische Gründungen zu erfassen, wobei es sich jeweils um unterschiedliche Annäherungen handelt, die auf bestimmte Aspekte fokussieren. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026). Diese Ansätze unterscheiden sich darin, wie stark eine Hochschule in die Gründung eines Unternehmens eingebunden sein muss, damit diese als „akademische Gründung“ gilt. Damit ergänzt die Studie bestehende Erhebungen, die vor allem auf Selbstauskünften der Hochschulen beruhen, und grenzt sich von Untersuchungen ab, die auch Gründungen zählen, deren Initiatorinnen und Initiatoren irgendwann ein Studium an einer Hochschule begonnen oder absolviert haben. Vgl. Kessler et al. (2025) und Czarnitzki et al. (2014). Solche Ansätze basieren beispielsweise auf Informationen aus beruflichen Online-Netzwerken. Vgl. AlpMomentum et al. (2025).
- 333** Die Datengrundlage bilden hier eine Liste an neu gegründeten Unternehmen basierend auf dem Mannheimer Unternehmenspanel (MUP) und die aufgeführten Affiliationen von Autorinnen und Autoren wissenschaftlicher Publikationen in der Scopus-Datenbank. Hinsichtlich der Publikationen wird ein Dreijahreszeitraum nach der Gründung betrachtet. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).
- 334** Lange Zeit konnten Professorinnen und Professoren über ihre eigenen Erfindungen frei verfügen und deren Verwertung selbst vorantreiben. Mit der Reform fiel dieses sogenannte Hochschullehrerpri-  
vileg jedoch weg. Hochschulen erhielten damit das Recht, die Erfindungen ihrer Professorinnen und Professoren in Anspruch zu nehmen und zu patentieren. Im gleichen Zuge mussten sie allerdings auch die Kosten der Patentverwertung übernehmen und dafür Kapazitäten und Infrastrukturen schaffen. Vgl. Czarnitzki et al. (2012); Czarnitzki et al. (2016); Proff et al. (2012).
- 335** Vgl. Europäisches Patentamt und Fraunhofer ISI (2024: 46). Die in dieser Studie angewandte Methodik zur Identifikation von „akademischen Patenten“ weicht von der in diesem Kapitel angewandten Methodik dahingehend ab, dass dort auch diejenigen Patente erfasst wurden, die von Unternehmen angemeldet und bei denen Hochschulbeschäftigte als Erfinderin bzw. Erfinder genannt worden waren.
- 336** Bei der statistischen Erfassung von Hochschulpatenten besteht die Herausforderung, dass ein Teil der Patentanmeldungen mit Hochschulbeteiligung nicht von den Hochschulen, sondern nach vertraglicher Vereinbarung im Rahmen von Kooperationen oder Auftragsforschung von einzelnen Personen oder Unternehmen angemeldet werden. Dadurch werden beteiligte Hochschulbeschäftigte entweder gar nicht oder nur als Erfinderinnen und Erfinder aufgeführt. Der Fokus auf Patentanmeldungen, wie er den hier vorgestellten Forschungsergebnissen zugrunde liegt, führt folglich zu einer Unterschätzung des innovativen Beitrags von Hochschulen. Die grundsätzlichen Entwicklungen über die Zeit sowie die Vergleiche von Institutionen oder Regionen sollten davon allerdings unbeeinflusst sein. Vgl. <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/2025/akademische-patente-technologietransfer.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 337** Hauptdatenquelle für die Patentanalysen dieser Studie ist die Patstat-Datenbank des Europäischen Patentamts. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026). Verwendet wird die zum Studienbeginn aktuelle Version der Datenbank (Patstat Global 2024 Autumn Edition). Berücksichtigt werden alle Patentanmeldungen bei nationalen und regionalen Patentämtern weltweit, die auf Ebene von Patentfamilien (DOCDB) konsolidiert werden. Als Anmeldezeitpunkt gilt jeweils das weltweit erste Anmelde-  
datum einer Patentfamilie (Prioritätsdatum). Die Analysen aggregieren angemeldete Patentfamilien nach Standort und Sektor (Einrichtungstyp) der anmeldenden wissenschaftlichen Einrichtungen. Die Zuordnung zu Technologiebereichen erfolgt anhand von IPC-Codes, die von Patentprüferinnen und -prüfern vergeben werden; betrachtet wird dabei die Ebene der Subclass. Die Identifikation von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen als Patentanmelder erfolgt

auf Grundlage der Anmeldenamen, die mithilfe maschineller, regelbasierter und probabilistischer Matchingverfahren einer Referenzliste von 1.447 forschenden Einrichtungen in Deutschland zugeordnet und eindeutig disambiguiert wurden. Die sektorale Zuordnung der Einrichtungen basiert auf der Institutionenkodierung des Kompetenznetzwerks Bibliometrie. Vgl. Schmidt et al. (2025). Bei Patentanmeldungen mit mehreren beteiligten Einrichtungen werden die Patentfamilien in jedem beteiligten Sektor und Standort voll gezählt. Die Darstellung der Zeitreihen basiert auf gleitenden Fünfjahresdurchschnittswerten, um längerfristige Trends abzubilden und die Sensitivität gegenüber einzelnen Jahresausreißern zu reduzieren.

- 338 Der Anteil von Hochschulpatentanmeldungen mit Frauen in der Rolle der Erfinderin hat sich seit den 2000er Jahren kontinuierlich erhöht, von 26,7 Prozent im Jahr 2002 auf 37,1 Prozent im Jahr 2021. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).
- 339 Vgl. Europäisches Patentamt und Fraunhofer ISI (2024: 50).

- 340 Vgl. Hottenrott und Schaper (2026). In der Studie wird anhand von erhaltenen Patentzitationen der Einfluss einer zum Patent angemeldeten Erfindung auf die zukünftige technologische Entwicklung bemessen. Außerdem wird anhand der Beschaffenheit von Patentansprüchen (Claims) die Radikalität oder Abweichung von geschützten Erfindungen vom bisherigen Stand der Technik ermittelt.

- 341 Vgl. Hottenrott & Schaper (2026) und Iaria et al. (2018).
- 342 Vgl. Scharfmann et al. (2025).
- 343 Vgl. Plantec et al. (2023).

344 In einer aktuellen Befragung geben Professorinnen und Professoren an HAW im Durchschnitt eine stärkere Einbindung in den Wissenstransfer an als ihre Kolleginnen und Kollegen an Universitäten. Vgl. Schmoch et al. (2025: 22 ff.). Demnach sind HAW insbesondere in Bereichen der direkten Interaktion sowie beim Personalaustausch aktiv. Diese Formen des Transfers sind für den Wissensaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis von hoher Bedeutung. Sie führen jedoch seltener zu technologisch einflussreichen Innovationen als Formen des Transfers, die unmittelbar auf die wirtschaftliche Verwertung von Forschungsergebnissen zielen. Ein Vergleich der Einwerbung industrieller Drittmittel durch Universitäten und HAW deutet nicht darauf hin, dass die HAW stärker mit der Privatwirtschaft kooperieren als die Universitäten. Sowohl beim Niveau der eingeworbenen Drittmittel insgesamt als auch beim Anteil der Drittmittel aus der Privat-

wirtschaft liegen die Universitäten vor den HAW. Vgl. Hachmeister (2025).

- 345 Vgl. Cohen et al. (2002) und Fleming und Sorenson (2004).

- 346 Vgl. Jaffe (1989); Zucker und Darby (1996); Zucker et al. (1998); Zucker et al. (1998); Cohen et al. (2002); Belenzon und Schankerman (2013); Giebel und Rösner (2025).

- 347 Da ein unvollständig dargestellter Stand der Technik die Gültigkeit eines Patents gefährdet, haben Anmelder einen starken Anreiz, alle relevanten Patente sowie Nicht-Patentliteratur aufzulisten. Vgl. Marx und Fuegi (2020).

- 348 Vgl. Marx und Fuegi (2020). Eine Umfrage unter FuE-Managerinnen und -Managern hat festgestellt, dass Zitate aus nicht patentierten Quellen, wie z. B. wissenschaftlichen Zeitschriftenartikeln, besser mit den Angaben der Managerinnen und Manager zur Nutzung öffentlicher Forschung übereinstimmen als die häufiger verwendeten Zitate aus Patentquellen. Vgl. Roach und Cohen (2013).

- 349 Auch auf europäischer Ebene wird häufig dieses Problem vorgebracht. Unter dem sogenannten „Europäischen Paradox“ versteht man die Vermutung, dass die EU-Länder weltweit eine führende Rolle in Bezug auf wissenschaftliche Spitzenleistungen spielen, jedoch zurückbleiben, wenn es darum geht, diese Stärke in wohlstandsfördernde Innovationen umzuwandeln. Vgl. Dosi et al. (2006) und Conti und Gaule (2011).

- 350 Vgl. z. B. EFI (2025: Kapitel B 2).

- 351 Die betrachteten OpenAlex-Domains sind Physical, Life und Health Sciences. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).

- 352 Vgl. Marx und Fuegi (2020); Marx und Fuegi (2022).

- 353 Dabei wird die Version 2024 verwendet. Dieser Datensatz stellt eine Verknüpfung von Publikationen und Patenten basierend auf sowohl Front-Page- als auch In-Text-Zitierungen dar. Vgl. Marx und Fuegi (2020; 2022).

- 354 Zu den europäischen Top-Ländern gehören in dieser Analyse Hochschulen aus Frankreich, den Niederlanden, Dänemark, Belgien, Schweden und der Schweiz. Die erwartete Anzahl von Patentzitationen für Artikel aus Einrichtungen in den USA liegt bei 0,13 Zitationen pro Artikel – bei den Europäischen Top-Ländern bei 0,11. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).

- 355 In einer aktuellen Studie stellen Häussler und Peter (2026) fest, dass in wichtigen Technologiefeldern wie KI, Biotechnologie, Maschinenbau sowie Luft- und Raumfahrt der Anteil der Publikationen von Universitäten, die in Patenten zitiert werden, höher ist als bei Publikationen von HAW.

- 356 Die Schätzung erfolgt auf Artikelebene mit den folgenden Spezifikationen: Die abhängige Variable ist die Anzahl der tatsächlich erhaltenen Patentzitationen (innerhalb von zwei Jahren nach Publikation), transformiert mittels der inversen hyperbolischen Sinusfunktion. Die zentrale erklärende Variable ist ein Interaktionsterm einer binären Variable für deutsche Hochschulen mit Jahresindikatoren, um Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung zwischen Deutschland und Vergleichsländern abzubilden. Für das Erfindungspotenzial wird mittels Zeitschrift-Jahr-Effekten kontrolliert. Die Ergebnisse sind robust, wenn für Artikelsprache, internationale Kooperationen, Anzahl der Autorinnen und Autoren sowie Artikelthema kontrolliert wird. Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).
- 357 Häussler und Peter (2026) verknüpfen Publikationen in den Technologiefeldern KI, Biotechnologie, Maschinenbau und Luft- und Raumfahrt mit einer möglichen Nennung in Patenten und können so den Anteil der wissenschaftlichen Arbeiten identifizieren, die in Patenten zitiert werden. Darüber hinaus lässt sich unterscheiden, ob der Patentanmelder im gleichen Land wie die Institution der Autorinnen und Autoren ansässig ist. Die Analysen basieren auf Daten von OpenAlex sowie dem Datensatz von Marx und Fuegi (2020).
- 358 Vgl. Hicks et al. (2000); Poege et al. (2019); Veugelers und Wang (2019); Schaper et al. (2025).
- 359 Weitergehende Analysen von Hottenrott und Schaper (2025) zeigen, dass das wissenschaftliche Potenzial von Publikationen aus Deutschland – angenähert durch die von der Fachzeitschrift und dem Veröffentlichungsjahr abhängige Zahl an Zitationen in anderen wissenschaftlichen Publikationen – in den letzten Jahren zu dem von US-Hochschulen aufgeschlossen hat. Die Realisierung dieses gegebenen wissenschaftlichen Potenzials gelang in den vergangenen 20 Jahren signifikant besser als in den USA. Die Beobachtung, dass Artikel von deutschen Akteuren mehr wissenschaftliche Zitationen als vergleichbare US-amerikanische Artikel erhalten, könnte auch auf einen Selektionseffekt zurückzuführen sein: Autorinnen und Autoren aus Deutschland haben es möglicherweise schwerer, in einflussreiche (US-amerikanische) Fachzeitschriften zu kommen, als US-Autorinnen und -Autoren, und werden – wenn sie es schaffen – häufiger zitiert.
- 360 Die Studie von Schaper et al. (2025) zeigt, dass Erfindungen von in Unternehmen tätigen „Pionierwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern“ – also Forscherinnen und Forschern, die in führenden Fachzeitschriften wegweisende und disziplinübergreifend relevante Arbeiten veröffentlichen – wertvoller und einflussreicher sind als Erfindungen anderer Beschäftigter.
- 361 Vgl. Hottenrott und Schaper (2026).
- 362 Colombo et al. (2025) wenden eine von Guzman und Stern (2020) entwickelte Analysemethodik zur Differenzierung von Quantität und Qualität im Gründungsgeschehen für Deutschland an und verknüpfen sie mit einem unternehmerischen Qualitätsindex. Vgl. Andrews et al. (2022). Ihre Daten zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen unternehmerischer Quantität pro Kopf und Qualität. Große Ballungszentren wie München verbinden eine hohe Gründungsdichte pro Kopf mit einer hohen unternehmerischen Qualität. Gleichzeitig stechen auch kleinere wissens- und forschungsinensive Regionen wie Bonn und Heidelberg hervor, die trotz ihrer relativ geringen absoluten Größe ein außergewöhnlich hohes Maß an unternehmerischer Qualität erreichen. Dies unterstreicht laut dem Autorenteam die Rolle von Universitäten und spezialisierten Forschungseinrichtungen als Anker für hochwertiges Unternehmertum und bestätigt frühere Erkenntnisse, dass innovative Aktivitäten in Europa nicht auf große Ballungsräume beschränkt sind. Vgl. Guerrero et al. (2015); Herrera et al. (2018); Fritsch und Wyrwich (2021).
- 363 Vgl. Dealroom et al. (2025).
- 364 Vgl. Guerrero et al. (2015) und Herrera et al. (2018).
- 365 Vgl. Krieger (2024). Eine andere Studie zeigt für Frankreich, dass Exzellenzförderung für Hochschulen nicht nur die privaten FuE-Ausgaben in der Region positiv beeinflusst, sondern auch die durchschnittliche Qualität der entstehenden Patente erhöht. Vgl. Bergeaud et al. (2025).
- 366 Die Abschlussevaluation von Fraunhofer ISI (2019) „EXIST-Gründungskultur – Die Gründerhochschule“ zeigt, dass geförderte Hochschulen ihre Gründungsförderstrukturen ausbauen und in der Folge eine höhere Gründungsaktivität aufweisen sowie vermehrt die EXIST-Personenförderung erhalten.
- 367 Vgl. BMWE (2025).
- 368 Vgl. BMWK (2024d) und BMWK (2022).
- 369 Vgl. Fraunhofer ISI (2019).
- 370 Transferbereiche sind stark drittmittelgeprägt. Laut Stifterverband sind 42,3 Prozent der Stellen im Transferbereich (an Universitäten sogar 51,8 Prozent) durch Drittmittel finanziert; dauerhaft grundfinanzierte Stellen sind in der Minderheit. Vgl. Burk et al. (2022). Laut CHE verfügen Transferstellen mehrheitlich über eigene Budgetverantwortung, aber nur etwa jede vierte hat ein dediziertes Trans-

- ferbudget (also zweckgebundene Mittel für Transferprojekte). Vgl. CHE (2020).
- 371 Vgl. [https://www.bmftr.bund.de/DE/Forschung/TransferInDiePraxis/InnovativeHochschule/innovativehochschule\\_node.html](https://www.bmftr.bund.de/DE/Forschung/TransferInDiePraxis/InnovativeHochschule/innovativehochschule_node.html) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 372 Zum Beispiel konkretisieren in Bayern die Art. 81-86 BayBG die Genehmigungs- und Versagungsgründe; zusätzlich enthält die BayHSchLVN (Nebentätigkeitsverordnung für Hochschulpersonal) hochschulspezifische Regeln, z. B. zur Anzeigepflicht, zum Umfang, zu Anrechnungen und zu Vergütungen.
- 373 Für Bundesbeamtinnen und -beamte regelt dies § 99 BBG; auf Landesebene bestehen inhaltsgleiche bzw. ähnliche Vorschriften, z. B. Art. 81 Abs. 2-3 BayBG oder § 49 LBG NRW. Für Hochschullehrende treten hochschulspezifische Verordnungen hinzu (z. B. BayHSchLVN, HNTV NRW).
- 374 Diese Grundsätze ergeben sich aus § 40 BeamStG und werden landesrechtlich konkretisiert, z. B. in Art. 81 Abs. 3 BayBG oder § 49 Abs. 1 Nr. 2 LBG NRW.
- 375 Die landesrechtlichen Regelungen zum Forschungssemester sind in einer Übersicht des Hochschulverbands von 2024 umfassend zusammengefasst. Vgl. [https://www.hlb.de/fileadmin/hlb-global/downloads/Infobereich\\_Nichtmitglieder/hlb-Infoblatt\\_Forschungssemester\\_Uebersicht\\_Bundeslaender.pdf](https://www.hlb.de/fileadmin/hlb-global/downloads/Infobereich_Nichtmitglieder/hlb-Infoblatt_Forschungssemester_Uebersicht_Bundeslaender.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 376 Konkretisiert in Art. 61 Abs. 2 BayHIG.
- 377 Häussler et al. (2014) zeigen in ihrer Studie mithilfe von Daten zu deutschen und britischen Biotechnologieunternehmen, dass Patente in einem positiven Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit stehen, Wagniskapital einzuwerben.
- 378 Vgl. Kulicke (2025).
- 379 Nicht nur im Verhandlungsprozess zwischen Hochschule und Gründungsperson besteht dieses Problem, sondern auch in nachgelagerten Technologiemärkten: Bei neuen Technologien, die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, entstehen dünne Märkte – also instabile Märkte, in denen hohe Such- und Verhandlungskosten anfallen und sich einheitliche wettbewerbliche Preise kaum bilden können. Vgl. EFI (2023).
- 380 Vgl. EFI (2024: Kapitel A1). Obwohl die Reform der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung (AGVO) 2023 Hochschulen auf dem Papier durch höhere Schwellenwerte und zusätzliche Freistellungstatbestände – auch für die IP-Bewertung – deutlich größere Handlungsspielräume bei der Unterstützung von Ausgründungen eröffnet hat, besteht bei Hochschulen und Forschungseinrichtungen weiterhin ein hohes Maß an Unsicherheit.
- 381 Vgl. CDU et al. (2025: 79–80).
- 382 Die USIT Guidelines wurden unter der Federführung von TenU erarbeitet, einem Zusammenschluss führender Technology Transfer Offices (TTOs) aus den USA und Europa. In Deutschland haben verschiedene Akteure und Verbünde, wie die TransferAllianz, die Charité Berlin und der Verbund Deutsche Hochschulmedizin, die USIT Guidelines als Best-Practice-Referenzrahmen empfohlen. Vgl. TransferAllianz (2024); <https://www.bihealth.org/de/aktuell/kurzinterview-mit-thomas-gazlig-zum-positionspapier-der-transferallianz> (letzter Abruf am 16. Januar 2026); Deutsche Hochschulmedizin e. V. (2025). In einem gemeinsamen Grundsatzpapier betonen SPRIND, Stifterverband, HTGF und der Startup-Verband, dass diese allerdings auf die deutsche Rechts- und Förderlogik angepasst werden müssen. Vgl. SPRIND et al. (2025).
- 383 Das Modell beruht auf einem Vorstoß der Technischen Universität Darmstadt, die seit 2022 geistiges Eigentum gegen virtuelle Anteile handelt und damit das Modell erstmalig umgesetzt hat. Vgl. SPRIND et al. (2025). Ersetzt die virtuelle Beteiligung den Kaufpreis, profitieren Gründerinnen und Gründer, weil in der frühen Unternehmensphase kein Liquiditätsabfluss entsteht. Gleichzeitig verbleiben das frühzeitige und alleinige Eigentum am geistigen Eigentum sowie flexible Verwertungsoptionen bei ihnen. Seitens der Wissenschaftseinrichtungen ist kein aufwendiges Beteiligungsmanagement erforderlich, und dennoch können die Einrichtungen an einer erfolgreichen späteren Geschäftsentwicklung der Ausgründung partizipieren. Vgl. Kulicke (2025). Erste Befragungen zeigen, dass das Konzept einem Großteil der Wissenschaftseinrichtungen bekannt ist, bislang jedoch nur vereinzelt praktische Erfahrungen damit vorliegen. Vgl. Kulicke (2025). Viele Hochschulen finden Umfragen zufolge das Konzept interessant, scheuen aber Umstellungsaufwand, Rechtsrisiken und sehen in manchen Fällen keinen klaren Mehrwert gegenüber ihren bisherigen Lösungen. Frühphaseninvestoren bewerten das Modell grundsätzlich positiv, da es eine Liquiditätsschonende und flexible Vertragsgestaltung erlaubt, insbesondere im Bereich forschungsintensiver Deep-Tech-Gründungen. Sie weisen allerdings auch darauf hin, dass Verträge so gestaltet werden müssen, dass der Wert des neu gegründeten Unternehmens nicht negativ beeinflusst wird. Insbesondere sollten die virtuellen Anteile maßvoll bleiben, kein starker Anti-Dilution-Schutz

zugunsten der Hochschule eingebaut werden und die Verträge überschaubar und Governance-kompatibel sein. Branchenverbände stehen dem Modell grundsätzlich positiv gegenüber, betonen aber, dass zu pauschale Standards und Vorgaben den Spezifika einzelner Branchen nicht gerecht werden können. Vgl. <https://www.biodeutschland.org/de/positionspapiere/positionspapier-der-bio-deutschland-ausgruendungen-erfolgreich-gestalten-drei-handlungsempfehlungen-fuer-effizienten-und-erfolgreichen-technologietransfer.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026) und VCI (2024).

384 Vgl. Harhoff (2025).

385 Vgl. BMWK (2024c); Deutscher Bundestag (2025d); <https://www.bundestag.de/resource/blob/1084436/WD-8-020-25-pdf.pdf> und <https://nachrichten.idw-online.de/2025/11/25/die-neue-ip-deal-datenbank-ein-tool-fuer-mehr-effizienz-und-transparenz-im-ausgruendungsprozess> (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Die Plattform ist erreichbar unter <https://ip-deals.vision-impulse.com/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

386 Mit der BMFTR-Förderlinie „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung (VIP+)“ sowie einzelnen Landesprogrammen stehen Instrumente für Validierungsvorhaben zur Verfügung.

### B 3

387 Als KI-Fabriken bezeichnet man Ökosysteme, die Rechenleistung, Daten und qualifiziertes Personal für die Entwicklung von KI-Modellen und deren Anwendungen zusammenbringen. Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/ai-factories> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

388 Vgl. <https://www.gtai.de/de/trade/usa/branchen/rekordinvestitionen-in-die-naechste-stufe-der-ki-revolution-1855750>, <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/ki-wettbewerben-bei-big-tech-so-viel-investieren-google-meta-und-co/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

389 Vgl. <https://research.aimultiple.com/artificial-general-intelligence-singularity-timing/>, [https://wiki.aiimpacts.org/ai\\_timelines/predictions\\_of\\_human-level\\_ai\\_timelines/ai\\_timeline\\_surveys/2023\\_expert\\_survey\\_on\\_progress\\_in\\_ai](https://wiki.aiimpacts.org/ai_timelines/predictions_of_human-level_ai_timelines/ai_timeline_surveys/2023_expert_survey_on_progress_in_ai) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

390 Vgl. Pavel et al. (2025), Schnitzer und Privitera (2025), <https://www.darioamodei.com/essay/machines-of-loving-grace>, <https://situational-awareness.ai/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

391 Für KI-Modelle hat eine Lizenzierung als Open Source andere Implikationen als für klassische Software. Während Open-Source-Software oft in öffentlichen Projekten kooperativ weiterentwickelt wird, erlaubt die Offenheit eines KI-Modells in erster Linie die Anpassung des Modells an spezielle Verwendungen. Vgl. Hanschur und Henkel (2025).

392 Vgl. <https://www.cometapi.com/de/is-deepseek-truly-open-source/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

393 Das Model Context Protocol, Ende 2024 von Anthropic eingeführt, ist ein offener Standard, der KI-Modelle mit externen Datenquellen, Anwendungen und Werkzeugen verbindet und damit den Datenzugang vereinfacht. Safetensors ist ein Dateiformat, das Tensors und Daten, also die Bausteine des maschinellen Lernens, sicher speichert und damit die Ausführung von verstecktem Schadcode verhindert. Dies erhöht die Sicherheit beim Teilen und Laden von Modellen erheblich.

394 Vgl. <https://www.boerse-online.de/nachrichten/aktien/google-gegen-nvidia-steht-im-ki-markt-einfavoritenwechsel-bevor-20391139.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

395 Vgl. Costanzo et al. (2022).

396 Vgl. EFI (2019: 27).

397 Vgl. <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/physical-ai/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

398 Vgl. Norvig und Russell (1995); <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/loesungen/digitalisierung-und-ki/strategie-und-smart-services/ki-agent.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

399 Vgl. Döbel et al. (2018: 8).

400 Vgl. Maslej et al. (2023: 54).

401 Vgl. McLean et al. (2023), <https://cloud.google.com/discover/what-is-artificial-general-intelligence> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

402 Vgl. Bommasani et al. (2023).

403 Vgl. <https://www.nvidia.com/de-de/data-center/h100> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

404 Vgl. <https://www.anthropic.com/news/expanding-our-use-of-google-cloud-tpus-and-services> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

405 Vgl. <https://www.uncoveralpha.com/p/the-chip-made-for-the-ai-inference> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

406 Als wissenschaftliche Publikation zu KI gelten Publikationen, die über eine stichwortbasierte Suche in der Literaturdatenbank Elsevier SCOPUS identifiziert wurden und einschlägige KI-Begriffe gemäß einer etablierten Suchstrategie enthalten. Berücksichtigt wurden dabei Forschungsartikel, Konferenzbeiträge, Reviews, Letters und Notes. Vgl. Weber et al. (2026).

- 407** Qualität oder Relevanz der Publikationen können nicht bewertet werden. Das liegt insbesondere daran, dass die meisten KI-Publikationen in den letzten Jahren erschienen sind und somit noch kaum zitiert werden konnten. Vgl. Weber et al. (2026).
- 408** Vgl. Weber et al. (2026).
- 409** Vgl. Weber et al. (2026).
- 410** Ein KI-Modell ist laut Epoch AI bedeutend, wenn mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt ist: a) über 5.000 Zitate; b) über eine Million US-Dollar Trainingskosten oder mindestens 1 Prozent der Kosten des bisher teuersten trainierten Modells, je nachdem, welcher Wert höher ist; c) über eine Million aktive Nutzerinnen und Nutzer pro Monat; d) Leistung auf dem neuesten Stand der Technik. Vgl. <https://epoch.ai/data/ai-models-documentation> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 411** Vgl. <https://epoch.ai/data/ai-models> und <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 412** Vgl. <https://huggingface.co/utter-project/EuroLLM-9B>; <https://huggingface.co/openGPT-X/Teuken-7B-instruct-v0.6> und <https://huggingface.co/swiss-ai/Apertus-70B-Instruct-2509> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 413** Vgl. <https://huggingface.co/Aleph-Alpha/tfree-hat-pretrained-7b-base>, <https://mistral.ai/news/mistral-3> und <https://huggingface.co/sapienzanlp/Minerva-7B-base-v1.0> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 414** Vgl. <https://www.springer.org/en/words/magazine/announcement-next-frontier-ai> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 415** Als KI-Unternehmen gelten in der vorliegenden Analyse solche, die laut der Crunchbase-eigenen Industrieklassifikation zur Industry Group „Artificial Intelligence“ gehören. In Weber et al. (2026) wurde stichprobenartig überprüft, ob sich diese Unternehmen laut Geschäftsbeschreibung mit KI beschäftigen. Gemäß dieser Abgrenzung muss es sich also um Unternehmen handeln, die KI entwickeln oder bei deren Produkten oder Dienstleistungen KI eine Rolle spielt. Dabei kann es sich z. B. um ein Start-up handeln, das einen Chatbot für den Gesundheitsbereich entwickelt hat, der auf einem allgemeinen großen Sprachmodell basiert. Es können aber auch etablierte Unternehmen wie SAP sein, die KI in ihre Softwareprodukte integrieren, oder Unternehmen, die eigene Language Models entwickeln, wie z. B. Mistral AI in Frankreich. Vgl. Weber et al. (2026).
- 416** Zu beachten ist, dass die Crunchbase-Daten meist zugunsten der USA verzerrt sind.
- 417** Vgl. Weber et al. (2026).
- 418** Vgl. EP (2025) und [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_en) (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 419** Vgl. EFI (2023: A 4).
- 420** Vgl. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Europa/abschlussbericht-five-taskforce.pdf> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 421** Ein Unternehmen wird als KI-nutzendes Unternehmen gewertet, wenn es mindestens eine von acht KI-Technologien verwendet. Die konkrete Fragestellung lautet: Nutzt Ihr Unternehmen eine der folgenden Technologien der künstlichen Intelligenz (KI): 1) zur Analyse geschriebener Sprache, 2) zur Umwandlung gesprochener Sprache in ein maschinenlesbares Format, 3) zur Generierung geschriebener oder gesprochener Sprache, 4) zur Erzeugung von Bildern, Videos, Ton/Audio, 5) zur Identifizierung von Objekten oder Personen anhand von Bildern, 6) für maschinelles Lernen (z. B. Deep Learning), 7) zur Automatisierung verschiedener Arbeitsabläufe oder zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, 8) zur physischen Bewegung von Maschinen durch autonome Entscheidungen auf der Grundlage von Beobachtungen der Umgebung? Vgl. Eurostat (2025b) und Destatis (2025b).
- 422** In der Informationswirtschaft nutzten 2023 45,2 Prozent der Unternehmen generative KI, 2025 waren es 73,7 Prozent; im Verarbeitenden Gewerbe lag der Wert 2023 bei 28,1 Prozent, 2025 bei 55,7 Prozent. Die Werte weisen den Anteil der Unternehmen aus, in denen zumindest ein Teil der Beschäftigten generative KI nutzte. ZEW Konjunkturumfrage Informationswirtschaft, 3. Quartal 2025.
- 423** Die Modernisierungsagenda beinhaltet fünf zentrale Handlungsfelder: Bürokratierückbau, bessere Rechtsetzung, bürger- und unternehmenszentrierte Dienstleistungen, zukunftsgerichtetes Personalmanagement sowie eine effizientere Bundesverwaltung. Ergänzt wird die Agenda um die föderale Modernisierungsagenda, die gemeinsam von Bund und Ländern erarbeitet wurde. Vgl. <https://bmfs.bund.de/themen/staatsmodernisierung/modernisierung-sagenda> und <https://bmfs.bund.de/themen/staatsmodernisierung/modernisierungsagenda-foederal> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 424** Vgl. <https://deutschland-stack.gov.de/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 425** Vgl. Henkel et al. (2013).
- 426** Es bleibt abzuwarten, ob das jüngst angestrengte Beteiligungsverfahren am Deutschland-Stack Abhilfe leisten kann. Vgl. <https://deutschland-stack.gov.de/beteiligung/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

- 427 Vgl. <https://news.sap.com/2025/09/sap-openai-partner-launch-sovereign-openai-germany/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 428 Der US CLOUD Act regelt den grenzüberschreitenden Zugriff von Strafverfolgungsbehörden auf diejenigen Daten, die bei US-amerikanischen Cloud-Anbietern liegen. Vgl. <https://www.justice.gov/criminal/cloud-act-resources> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 429 Vgl. Hintermann und Hinterholzer (2025).
- 430 China veröffentlicht kaum Daten zu Rechenzentrumskapazitäten. Es ist daher davon auszugehen, dass diese Zahl die tatsächliche Kapazität unterschätzt. Vgl. Pilz et al. (2025b).
- 431 Vgl. BMWK (2025), Pilz et al. (2025a), <https://epoch.ai/data/gpu-clusters> und <https://www.elektronikforschung.de/dateien/bericht-ki-rechnerinfrastruktur-2024-05-web.pdf> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 432 Die Ankündigung von Schwarz Digits enthält nur eine Angabe über die Anzahl an verbauten GPUs und nicht über deren Spezifikation. Dementsprechend konnte eine Umrechnung in H100-Äquivalente nicht erfolgen. Vgl. <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/ki-souverae-nitaet-fuer-deutschland-und-europa-1098686> und <https://schwarz-digits.de/schwarz-digits-data-center-luebbenau> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 433 Der Stromverbrauch deutscher Rechenzentren und kleineren IT-Installationen lag im Jahr 2024 bei etwa 20 Milliarden kWh (20 TWh). Vgl. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-11/241121-studie-rechenzentrumsmarkt.pdf> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 434 Die Daten erlauben keine Aussagen über die gesamte nationale KI-Rechenleistung, wohl aber robuste Aussagen zu relativen Größenordnungen und strukturellen Unterschieden. Der Datensatz weist eine systematische Untererfassung der globalen KI-Rechenkapazität auf und ist nicht gleichmäßig über Länder, Sektoren und Hardwaretypen verteilt. Erstens werden staatliche und wissenschaftliche Hochleistungsrechner tendenziell häufiger erfasst als private oder kommerzielle Infrastruktur, sodass Länder mit starkem öffentlichem HPC-Sektor relativ überrepräsentiert sein können. Zweitens ist die Abdeckung je nach Beschleuniger-Typ ungleichmäßig; insbesondere TPUs und proprietäre Spezialbeschleuniger sind deutlich untererfasst. Drittens hängen Erfassung und Detailtiefe von der öffentlichen Sichtbarkeit und Transparenz von Projekten ab, was zu länderspezifischen Verzerrungen führen kann.
- 435 Laut Bundesnetzagentur könnte der Stromverbrauch bis 2037 auf 80 bis 115 TWh wachsen und damit bis zu 10 Prozent des gesamten deutschen Stromverbrauchs ausmachen. Vgl. BNetzA (2025).
- 436 Vgl. Aghion et al. (2025).
- 437 Vgl. <https://www.germandatacenters.com/en/news-en/publications/datacenter-outlook-germany-2025/26/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 438 Vgl. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Rechenzentren-haben-hoehste-Stromkosten-in-Europa> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 439 Vgl. Cremona und Czyzak (2025).
- 440 Vgl. BMWK (2025).
- 441 Für konkrete Vorschläge zur Vereinfachung von Zulassungsverfahren vgl. NKR (2025).
- 442 So hat beispielsweise Frankreich im Mai 2025 ein Fast-Track-Genehmigungsverfahren für Hyperscaler veröffentlicht. Vgl. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=8dc1a237-bb1e-44f4-a7f3-ab9443e646cb> (letzter Abruf am 16. Januar 2026). Norwegen hat bereits 2021 mit der Broschüre 'How to establish a data center in Norway' einen englischsprachigen Leitfaden zu Genehmigungs- und Standortfragen veröffentlicht. Die Broschüre ist weiterhin auf der Regierungswebsite verfügbar, die rechtlichen Rahmenbedingungen wurden jedoch inzwischen durch eine neue nationale Rechenzentrumstrategie teilweise fortentwickelt. Vgl. <https://www.regjeringen.no/no/documents/how-to-establish-a-data-center-in-norway/id2867158/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 443 Vgl. IEA (2025).
- 444 Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/library/ai-continent-action-plan> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 445 Englisch: European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU).
- 446 Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/ai-factories> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 447 Vgl. <https://www.fz-juelich.de/de/aktuelles/news/pressemitteilungen/2025/supercomputer-jupiter-erreicht-rekord-rechenleistung-in-europa> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 448 Kalkulation der H100-Äquivalente basierend auf der Summe der Kapazität der Supercomputer Leonardo (ca. 4.300 H100-Äquivalente) und LISA (ca. 1.300 H100-Äquivalente), die zusammen die KI-Fabrik repräsentieren. Vgl. <https://epoch.ai/data/gpu-clusters>, [https://www.theregister.com/2025/05/14/eurohpc\\_inks\\_deal\\_for\\_ai/](https://www.theregister.com/2025/05/14/eurohpc_inks_deal_for_ai/), <https://blogs.nvidia.com/blog/italy-sovereign-ai/> und <https://www.eurohpc-ju.europa.eu/ai-facto>

- ries/italy\_en (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 449** Vgl. <https://www.lrz.de/news/detail/leibniz-rechenzentrum-rechnet-jetzt-mit-licht-weltweit-erster-photonischer-ki-rechner-von-qant-geht-in-betrieb> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 450** Vgl. [https://www.eurohpc-ju.europa.eu/public-consultation-ai-gigafactories-2025-04-09\\_en](https://www.eurohpc-ju.europa.eu/public-consultation-ai-gigafactories-2025-04-09_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 451** Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/overwhelming-response-76-respondents-express-interest-european-ai-gigafactories-initiative> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 452** Vgl. [https://www.eurohpc-ju.europa.eu/document/download/47492db7-592e-4ad8-b672-9c822f94afa0\\_en?filename=AI%20GIGAFACORIES%20CONSULTATION.pdf](https://www.eurohpc-ju.europa.eu/document/download/47492db7-592e-4ad8-b672-9c822f94afa0_en?filename=AI%20GIGAFACORIES%20CONSULTATION.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 453** Vgl. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15977-2025-INIT/EN/pdf> (letzter Aufruf am 16. Januar 2026).
- 454** Vgl. Hess und Sieker (2025), Kyosovska und Renda (2025), <https://ki-verband.de/wp-content/uploads/2025/08/KI-Gigafactories.pdf> und <https://sciencebusiness.net/news/ai/eus-ai-gigafactories-need-rethink-says-industry> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 455** Vgl. [https://www.eurohpc-ju.europa.eu/public-consultation-ai-gigafactories-2025-04-09\\_en](https://www.eurohpc-ju.europa.eu/public-consultation-ai-gigafactories-2025-04-09_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 456** Zudem gibt es auch rein privatwirtschaftliche Initiativen von vergleichbarer Größenordnung. So haben sowohl die Deutsche Telekom als auch Schwarz Digits im Herbst 2025 den Bau von KI-Rechenzentren mit bis zu 10.000 bzw. 100.000 GPUs bekannt gegeben, unabhängig von den Ausschreibungen der EU. Vgl. <https://www.telekom.com/de/medien/mediendieninformationen/detail/ki-souveraenitaet-fuer-deutschland-und-europa-1098686> und <https://schwarz-digits.de/schwarz-digits-datacenter-luebbenau> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 457** Bei einer geschätzten durchschnittlichen Leistungsaufnahme einer KI-Fabrik von 100 MW führt ein Strompreisunterschied von 10 ct/kWh zu jährlichen Mehrkosten am teureren Standort von knapp 88 Millionen Euro (eigene Berechnung basierend auf Industriestrompreisdaten von Statista). Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151260/umfrage/strompreise-fuer-industriekunden-in-europa/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 458** Vgl. [https://www.eurohpc-ju.europa.eu/public-consultation-ai-gigafactories-2025-04-09\\_en](https://www.eurohpc-ju.europa.eu/public-consultation-ai-gigafactories-2025-04-09_en) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 459** Gründe dafür sind beispielsweise uneinheitliche Technologiedefinitionen, Unschärfe zwischen KI und anderen Technologien beispielsweise Robotik, eine Vielzahl an öffentlichen Förderstrukturen, Datenvertraulichkeit bei privaten Informationen, etc.
- 460** Vgl. Die Studie verwendet einen weiter gefassten Investitionsbegriff als in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung üblich, wo ausschließlich die Bruttoanlageinvestitionen (gross fixed capital formation) als Investitionen gelten. In der OECD-Studie wird Investition hingegen definiert als „the allocation of resources into physical and intangible assets with the expectation of future benefits“. Die Schätzmethode nutzt Eurostat-Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und multipliziert sie mit einem jeweiligen KI-Intensitätsfaktor, der aus anderen spezialisierteren Datensätzen auf Landesebene pro Investmentskategorie (FuE, Daten und Equipment) geschätzt wurde. Vgl. OECD (2025a).
- 461** FuE-Output wird in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung von Eurostat durch einen kostenorientierten Ansatz berechnet. Hierunter fallen beispielsweise Personalausgaben für Entwicklerinnen und Entwickler. Vgl. Eurostat (2014).
- 462** Diese Kategorie umfasst Ausgaben für Software und Datenbanken, Computer-Hardware sowie Telekommunikationsequipment.
- 463** Deutschlands Anteil am BIP der EU lag 2023 bei 24 Prozent. Vgl. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 464** Vgl. OECD (2025a).
- 465** Die für die OECD-Auswertungen verwendeten Daten stammen von Preqin, einer Ausgründung des slowenischen Jožef-Stefan-Instituts, das im Jahr 2025 von BlackRock übernommen wurde. Preqin erfasst seit 2003 Daten zu Venture-Capital-Investitionen in verschiedenen Branchen. Ein Team von Spezialistinnen und Spezialisten wertet fortlaufend Informationen aus unterschiedlichen Quellen aus – darunter Behördenmeldungen, Pressemitteilungen, Nachrichten und Websites – und stellt die Ergebnisse über eine eigene Plattform bereit. Vgl. <https://oecd.ai/en/data?selectedArea=investments-in-ai-and-data&selectedVisualization=flow-of-vc-investments-in-ai-from-country-of-investor-to-industry-and-country-of-start-up&visualizationFiltersHash=eyJlbNRPdGlcyl6eyJzcmMiOlsiVVNBIiwiQ0hOliwiR0JSIwiRVUyNyIsIlNHUCIsIkNBTiIiIktPUiIsIkpQTiIsIkltUiJdfX0%3D> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 466** Vgl. EIB (2024).

- 467** Vgl. [https://www.foerderdatenbank.de/SiteGlobals/FDB/Forms/Suche/Foederprogrammsuche\\_Formular.html?gtp=%2526816beae2-d57e-4bdc-b55d-392bc1e17027\\_list%253D2&submit=Suchen&filterCategories=FundingProgram&templateQueryString=K%C3%BCnstliche+Intelligenz](https://www.foerderdatenbank.de/SiteGlobals/FDB/Forms/Suche/Foederprogrammsuche_Formular.html?gtp=%2526816beae2-d57e-4bdc-b55d-392bc1e17027_list%253D2&submit=Suchen&filterCategories=FundingProgram&templateQueryString=K%C3%BCnstliche+Intelligenz) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 468** Vgl. Weber et al. (2026).
- 469** Vgl. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/10/progress-in-implementing-the-european-union-coordinated-plan-on-artificial-intelligence-volume-1-country-notes\\_b0385317/germany\\_3667abfb/f00f3020-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/10/progress-in-implementing-the-european-union-coordinated-plan-on-artificial-intelligence-volume-1-country-notes_b0385317/germany_3667abfb/f00f3020-en.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 470** Zwar werden einzelne Programme evaluiert, doch meist nur im Nachhinein und deskriptiv, d. h. ohne systematische Kontrolle alternativer Wirkungsursachen. Eine praktikable Möglichkeit, einer Einschätzung der ursächlichen Wirkung näherzukommen, besteht darin, Qualitätsbewertungen aus dem Antragsverfahren strukturiert zu erfassen und die Förderentscheidung auf einem kontinuierlichen Bewertungsindex zu basieren, ein sogenanntes Regressions-Diskontinuitäts-Design. So lassen sich knapp geförderte und knapp nicht geförderte Projekte miteinander vergleichen – und dadurch kausale Effekte der Förderung ohne Randomisierung identifizieren.
- 471** Vgl. Martinaitis et al. (forthcoming).
- 472** Vgl. <https://aiwatch.dog/lawsuits> (letzter Abruf am 16. Januar 2026) für eine Übersicht.
- 473** Die Common Crawl Foundation, 2008 gegründet, unterhält ein umfangreiches Archiv von Internetdaten und macht sie für Forschungszwecke verfügbar, seit einiger Zeit jedoch auch für das Training von KI-Modellen. Vgl. <https://commoncrawl.org/> und <https://www.theatlantic.com/technology/2025/11/common-crawl-ai-training-data/684567/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 474** Vgl. [https://www.lto.de/recht/hintergruende/h\\_vorschlaege-der-kommission-zum-digitalen-omnibus](https://www.lto.de/recht/hintergruende/h_vorschlaege-der-kommission-zum-digitalen-omnibus) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 475** Vgl. [https://www.lto.de/recht/hintergruende/h\\_vorschlaege-der-kommission-zum-digitalen-omnibus](https://www.lto.de/recht/hintergruende/h_vorschlaege-der-kommission-zum-digitalen-omnibus) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 476** Vgl. <https://mission-ki.de/de> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 477** Vgl. <https://www.daseen.de/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 478** Vgl. <https://mission-ki.de/de/ki-compliance-pruef-system-fuer-den-sicheren-datenaustausch> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 479** Vgl. <https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/siemens-und-maschinenhersteller-vereinbaren-wegweisende-datenallianz> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 480** Vgl. Bitkom e. V. (2025a).
- 481** Important Projects of Common European Interest (IPCEI) sind transnationale Vorhaben von gemeinsam europäischem Interesse, die mittels staatlicher Förderung einen wichtigen Beitrag zu Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie und Wirtschaft leisten. Laut BMWE muss ein IPCEI verschiedene Kriterien erfüllen: a) einen Beitrag zu den strategischen Zielen der Europäischen Union (EU) leisten, b) von mehreren Mitgliedstaaten durchgeführt werden, c) eine eigene Ko-Finanzierung durch die beteiligten Unternehmen/Einrichtungen vorsehen, d) positive Spillover-Effekte in der gesamten EU bewirken und e) sehr ehrgeizige Ziele in Bezug auf Forschung und Innovation verfolgen, das heißt deutlich über den internationalen Stand der Technik in dem betreffenden Sektor hinausgehen. Vgl. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/FAQ/IPCEI/faq-ipcei.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 482** Vgl. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2025/12/20251205-bmwe-sucht-hochinnovative-projektideen-fuer-industrielle-ki.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 483** Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/data-governance-act> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 484** Vgl. Märkel et al. (2025).
- 485** Vgl. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2025-04/bitkom-papier-digitalgesetzgebung-der-eu.pdf> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 486** Englisch: European Data Union Strategy.
- 487** Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/data-union> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 488** Diese Bestimmungen sehen Transparenzpflichten und Risikomanagementpflichten für die Anbieter von General-Purpose-AI-Modellen vor. Vgl. <https://ai-act-service-desk.ec.europa.eu/en/ai-act/eu-ai-act-implementation-timeline> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 489** Vgl. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2025-04/bitkom-papier-digitalgesetzgebung-der-eu.pdf> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 490** Vgl. Kilian et al. (2025).
- 491** Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/library/digital-omnibus-regulation-proposal> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 492** Je nach System verzögert sich das Inkrafttreten um bis zu 16 Monate (für Annex-III-Systeme) bzw. bis

- zu 24 Monate (für bestimmte Annex-I-Systeme). Kommen die Standards früher, greifen die Pflichten entsprechend früher; spätestens sollen sie jedoch zum 2. Dezember 2027 (Annex III) bzw. 2. August 2028 (Annex I) gelten.
- 493 Vgl. <https://www.cooley.com/news/insight/2025/2025-11-24-eu-ai-act-proposed-digital-omnibus-on-ai-will-impact-businesses-ai-compliance-roadmaps> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 494 Vgl. <https://www.theguardian.com/world/2025/nov/19/european-commission-accused-of-massive-rollback-of-digital-protections> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 495 Vgl. <https://www.politico.eu/article/eu-ai-race-tech-legal-mess-build-legislators/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 496 Vgl. Herbst et al. (2024).
- 497 Vgl. <https://ai-act-service-desk.ec.europa.eu/en/ai-act/timeline/timeline-implementation-eu-ai-act> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 498 Vgl. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-launches-ai-act-service-desk-and-single-information-platform-support-ai-act> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 499 Vgl. <https://ai-act-service-desk.ec.europa.eu/en/eu-ai-act-compliance-checker> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 500 Vgl. [https://bmds.bund.de/fileadmin/BMDS/Dokumente/Gesetzesvorhaben/CDR\\_Anlage1-250911\\_RefE\\_KIVO-Durchf%C3%BChrungsgesetz\\_Entwurf\\_barrierefrei.pdf](https://bmds.bund.de/fileadmin/BMDS/Dokumente/Gesetzesvorhaben/CDR_Anlage1-250911_RefE_KIVO-Durchf%C3%BChrungsgesetz_Entwurf_barrierefrei.pdf) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 501 Vgl. beispielsweise <https://live.handelsblatt.com/ki-aufsicht-wer-bin-ich-und-wenn-ja-wie-viele> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 502 Vgl. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2025/12/20251205-bmwe-sucht-hochinnovative-projektideen-fuer-industrielle-ki.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 503 Im Vergleich zu den Mittelstand-Digital-Zentren sind die meisten KI-Kompetenzzentren eher grundlagenorientiert. Ausnahmen bilden hier das DFKI sowie zum Teil Lamarr und ScaDS.AI. Vgl. <https://www.softwaresysteme.dlr-pt.de/de/ki-kompetenzzentren.php> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 504 Unternehmen wie START-KI in Hessen bieten strategische Beratung an und helfen Unternehmen, individuelle KI-Roadmaps zu entwickeln. Vgl. <https://start-ki.de/> und <https://digitalzentrum-berlin.de/> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 505 Vgl. <https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/home> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 506 Vgl. Carpentier et al. (2025).
- 507 Vgl. <https://bmds.bund.de/themen/digitale-souveraenitaet> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 508 Vgl. EFI (2022:41).
- 509 Vgl. EFI (2022:41).
- 510 Vgl. Bickenbach et al. (2025).
- 511 Vgl. <https://www.ecb.europa.eu/press/stats/bop/2025/html/ecb.bq250404~3a3bb7d212.en.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 512 Vgl. <https://www.heise.de/news/Strafgerichtshof-Microsofts-E-Mail-Sperre-als-Weckruf-fuer-digitale-Souveraenitaet-10387368.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 513 Vgl. <https://www.spiegel.de/wirtschaft/trump-will-export-von-nvidias-ki-chip-blackwell-beschraenken-a-f4ea5286-49a6-4508-ba25-34b9dacf938f> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 514 Vgl. [https://www.landtag-bw.de/resource/blob/584956/7b9fcf1f4775f0b2f4658dc01232e61/17\\_9179\\_D.pdf](https://www.landtag-bw.de/resource/blob/584956/7b9fcf1f4775f0b2f4658dc01232e61/17_9179_D.pdf) und <https://www.ecb.europa.eu/press/stats/bop/2025/html/ecb.bq250404~3a3bb7d212.en.html> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 515 So bekundete US-Vizepräsident Vance, die US-Regierung „cannot and will not accept efforts by foreign governments to tighten the screws on U.S. tech companies [...]“; US-Präsident Trump drohte „to impose substantial additional tariffs on countries that implement legislation targeting American tech companies [...]\". Vgl. <https://www.forbes.com/sites/siladityaray/2025/02/11/jd-vance-knocks-eus-regulation-of-us-tech-giants-america-cannot-accept-that/>; <https://www.euronews.com/my-europe/2025/08/26/eu-defends-sovereign-right-to-regulate-tech-against-trumps-latest-tariff-threat> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 516 Vgl. [https://www.lemonde.fr/en/pixels/article/2025/11/19/french-authorities-charges-x-over-holocaust-denial-comments-by-ai-chatbot-grok\\_6747630\\_13.html](https://www.lemonde.fr/en/pixels/article/2025/11/19/french-authorities-charges-x-over-holocaust-denial-comments-by-ai-chatbot-grok_6747630_13.html) (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 517 Vgl. <https://markets.financialcontent.com/wral/article/predictstreet-2025-9-29-nvidia-powering-the-ai-revolution-an-in-depth-equity-analysis> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 518 Vgl. <https://www.asml.com/en/products/euv-lithography-systems> und <https://www.zeiss.com/semiconductor-manufacturing-technology/news-and-events/smt-press-releases/2024/werner-von-siemens-ring-2024.html> (letzter Abruf jeweils am 16. Januar 2026).
- 519 Vgl. <https://aichampions.eu/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

- 520 Vgl. <https://cacm.acm.org/news/can-eus-e200b-investai-initiative-close-europes-ai-gap-with-u-s-and-china/> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 521 Vgl. <https://www.zdfheute.de/wissen/palantir-software-polizei-risiken-faq-100.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 522 Vgl. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/interviews/DE/2025/2025-08-26-stern-dobrindt.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).
- 523 Vgl. <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/datenschutz-diskussion-um-palantir-was-soll-die-polizei-duerfen/100147300.html> (letzter Abruf am 16. Januar 2026).

## C6 F&I-Dashboard

Die Dokumentation der Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandortes Deutschland ist ein fester Bestandteil der Berichterstattung der Expertenkommission Forschung und Innovation. 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 2026 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](mailto:kontakt@e-fi.de)  
[www.e-fi.de](http://www.e-fi.de)

**Herausgeberin**

Expertenkommission Forschung und  
Innovation (EFI), Berlin.  
© 2026 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 (2026):  
Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer  
Leistungsfähigkeit Deutschlands 2026, Berlin: EFI.

**Gestaltung**

GROOTHUIS Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH  
für Kommunikation und Medien, Hamburg;  
Marketing und Gestaltung: Lucy Lepstück,  
Illustration: Gerd Schröder; [www.groothuis.de](http://www.groothuis.de)

**Produktion**

MKL Druck GmbH & Co. KG, Ostbevern

Redaktionsschluss: 16. Januar 2026

Die im Jahrestagung 2026 verwendeten Abbildungen  
und Tabellen sowie die dazugehörigen Datensätze stehen in der  
Online-Version des Gutachtens sowie auf [www.e-fi.de](http://www.e-fi.de) zum  
Herunterladen bereit.



