

# 11

---

## Innovation im deutschen Unternehmenssektor für die ökologische Transformation: Leistung, Herausforderungen und Chancen

---

Die doppelte Transition – ökologisch und digital – hat neue Herausforderungen und Chancen für Deutschlands hochinnovativen Unternehmenssektor geschaffen. Deutschland verfügt über eine Reihe innovativer Kompetenzen in vielen Technologiebereichen, die für einen Erfolg in der Transformationsphase unabdingbar sind; eine künftige globale Führungsrolle setzt jedoch nachhaltige Investitionen voraus. Der folgende Abschnitt beurteilt zunächst die Innovationskapazitäten und -leistungen des deutschen Unternehmenssektors im Kontext der Nachhaltigkeitswende. Untersucht wird zu diesem Zweck die Automobilbranche als Beispiel für die Herausforderungen und Chancen, die mit der industriellen Innovation und Transformation verbunden sind. Im Anschluss werden einige Schlüsselprogramme vorgestellt, die Innovationskapazitäten in zentralen Grundlagentechnologien fördern. Das Kapitel schließt mit einer kurzen Erörterung der Rolle der öffentlichen Auftragsvergabe als nachfrageseitiges Instrument, Innovationen in Schlüsseltechnologien und deren Verbreitung zu fördern, um die doppelte Transformation zu bewältigen.

---

## Einleitung

Die ökologische und digitale Transition stellt seit etlichen Jahren den seit jeher innovativen Unternehmenssektor Deutschlands vor erhebliche Herausforderungen. Nach Maßgabe des Pariser Übereinkommens zum Klimaschutz, das die Regierungen zu einer Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau verpflichtet, hat sich die Bundesregierung im Wesentlichen dazu verpflichtet, bis 2045 CO<sub>2</sub>-Neutralität („Netto Null“) zu erreichen, d. h. CO<sub>2</sub>-Emissionen auszugleichen, – durch Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre oder Kompensationsmaßnahmen – oder zu reduzieren (Bundesregierung, 2021<sup>[1]</sup>). Nach den Bundestagswahlen im Herbst 2021 bekräftigte die neue Regierung (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, 2021<sup>[2]</sup>) die Zusage Deutschlands im Rahmen des Pariser Übereinkommens. Dieses Ziel erfordert eine weitreichende Transformation in den Bereichen Industrie und Verkehr, zwei Hauptverursachern des Klimawandels unter Deutschlands Wirtschaftszweigen. Wie die Internationale Energie-Agentur (IEA) in ihrem 2020 veröffentlichten Bericht zur Energiepolitik in Deutschland vermerkt, überfordert die Verwirklichung des Dekarbonisierungsziels der Bundesregierung, CO<sub>2</sub>-Neutralität bis zum Jahr 2050 zu erreichen, die Kapazitäten ausgereifter Technologien und zwingt daher zu einer beschleunigten technologischen Entwicklung und Innovation (IEA, 2020<sup>[3]</sup>). Die notwendigen Emissionsminderungen veranlassen sämtliche Firmen, einschließlich der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die 99 % des Privatsektors ausmachen, ihre Betriebsabläufe umzugestalten.

Erhebliche Veränderungen werden bis 2045 auch die Branchen und Märkte sowie die Verbraucherpräferenzen betreffen. Lag in der Vergangenheit der Wert eines in Deutschland produzierten Autos in der technisch hochwertigen Ausführung seines Motors, so wird dies in der Zukunft vielleicht nicht mehr der Fall sein, wenn die Batterieleistung von Elektrofahrzeugen, die Option des autonomen Fahrens oder die den Passagieren zur Verfügung stehenden Onboard-Serviceleistungen bestimmend sind. Für viele der innovativsten Branchen und Unternehmen in Deutschland ist der ökologische Wandel ein Paradigmenwechsel. Die Herausforderung für politische Entscheidungsträger\*innen und den Privatsektor besteht darin, zu gewährleisten, dass der deutsche Privatsektor mit seinen unbestreitbar vorhandenen Stärken und darüber hinaus das Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (WTI) sich die dieser Veränderung innewohnenden Chancen zunutze machen, statt dem Verfall ihres geballten Wissens und der über Jahre hinweg erworbenen Kompetenzen tatenlos zuzusehen.

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass der Unternehmenssektor – insbesondere der Mittelstand angesichts seiner Bedeutung für die deutsche Wirtschaft – die Nachhaltigkeitswende mit Erfolg meistert. Die Herausforderung für den deutschen Unternehmenssektor hat zwei Aspekte. Ist er erstens in der Lage, innovativ zu handeln und auf neue Anforderungen von Verbraucher\*innen und Behörden einzugehen, Emissionen drastisch zu reduzieren und zu einer resilienteren und nachhaltigeren Wirtschaftsform beizutragen? Gelingt es ihm zweitens, sich nicht nur anzupassen, sondern vielleicht sogar eine Führungsrolle bei Technologien zu übernehmen, auf denen die grüneren und nachhaltigeren Volkswirtschaften der Zukunft aufbauen, und zur Erreichung von Schlüsselzielen, darunter Energiesicherheit und Krisenresilienz, beizutragen?

Dieses Kapitel beginnt mit einer Empfehlung zur Nutzung der öffentlichen Auftragsvergabe als nachfrageseitiges Instrument, das die Verbreitung und Vermarktung von Technologien fördert, die für den Erfolg im Rahmen der Nachhaltigkeitswende und der digitalen Transformation unerlässlich sind. In Abschnitt 1 folgt ein Benchmarking deutscher Erfolge in einer Reihe von Technologiebereichen mit Relevanz für den ökologischen Wandel. Abschnitt 2 untersucht die industrielle Transformation des deutschen Automobilsektors. In Abschnitt 3 wird die technologische Reife von Schlüsseltechnologien zur Umsetzung der CO<sub>2</sub>-Neutralität erörtert. Abschnitt 4 stellt Programme und die entsprechenden Technologiebereiche vor, die für die Nachhaltigkeitswende eine wichtige Rolle spielen. Abschließend nimmt Abschnitt 5 die aktuellen Bestrebungen in Deutschland unter die Lupe, die öffentliche Auftragsvergabe als Instrument zu nutzen, um die Verbreitung der für die Nachhaltigkeitswende relevanten Technologien zu fördern

## Empfehlung 7: Den Einsatz der öffentlichen Auftragsvergabe als Innovations-treiber stärken

### Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Der öffentliche Sektor verfügt über ein enormes Potenzial zur Innovationsförderung im Wege der Auftragsvergabe, die er überdies dazu nutzen könnte, um den klimabedingten Wandel und die Digitalisierung besser zu unterstützen. Der markterzeugende Aspekt der öffentlichen Auftragsvergabe kann auch dazu dienen, den Weg von der Idee bis zur Marktreife zu beschleunigen, indem der für die Vermarktung erforderliche Zeitraum verkürzt wird. Insbesondere Start-ups und Mittelstandsfirmen werden sich eher auf Innovationsanstrengungen einlassen, da die öffentliche Verwaltung ein verlässlicher und angesehener Auftraggeber ist. Eine Reihe von Hürden, von der geringen Attraktivität einer Karriere in der öffentlichen Auftragsvergabe bis hin zu deren fragmentiertem und schlecht koordiniertem Ansatz, hindert Deutschland derzeit daran, das Potenzial der öffentlichen Auftragsvergabe als Instrument des innovativen Wandels zu nutzen.

#### **E7.1 Eine innovationsfreundliche Auftragsvergabe durch entsprechende gesetzliche Regelung und Auflage koordinierter innovationsfreundlicher Beschaffungsprogramme in staatlichen Behörden auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene verbindlich machen.**

Eine Handlungsweise wäre, die Behörden zu verpflichten, einen bestimmten Prozentsatz öffentlicher Aufträge innovationsfreundlich zu vergeben, das heißt einen festgelegten Betrag für die Vergabe an vorwettbewerbliche Forschungsvorhaben aufzuwenden. Die Abstimmung der verschiedenen Ebenen der öffentlichen Auftragsvergabe (Bund, Länder, Kommunen) wird einer aus dieser Zweckwidmung resultierenden potenziellen Fragmentierung vorbeugen. Diese Bestrebungen könnten der übergeordneten Vision „Deutschland 2030 und 2050“ förderlich sein, wenn sie mit strategischen Projekten einer im Schwerpunkt innovationsfreundlichen Auftragsvergabe verknüpft werden, wie beispielsweise in den Bereichen ökologische Nachhaltigkeit, Gesundheit und Digitalisierung.

**E7.2. In Kapazitätsaufbau und vermehrte Anreize zur Umsetzung einer innovationsfreundlichen öffentlichen Auftragsvergabe investieren.** Die Erfüllung dieser Zusage ließe sich mithilfe eines Programms bewirken, das in erster Linie (i) die Erstellung innovativer Agenden (Fahrpläne/Herausforderungen) sowie Vorarbeiten für die Konzipierung und Einführung innovationsfreundlicher Beschaffungsprogramme, (ii) den Kapazitätsaufbau und die Ausbildung des mit der öffentlichen Auftragsvergabe betrauten Personals, und (iii) die Schaffung von Anreizen der mit der Auftragsvergabe befassten staatlichen Stellen zur Auszeichnung besonders innovationsfreundlicher Auftragsvergabe (unter anderem durch Preise) vorsieht. Ein solches Programm könnte von der Unterstützung des vorgeschlagenen experimentellen Labors profitieren (siehe Empfehlung 2 in Kapitel 5).

**E7.3 Teile der Startkapital-Fonds für Technologie-Kommerzialisierungsprogramme zugunsten von Programmen für eine vorkommerzielle Auftragsvergabe umwidmen.** Dies kann in Form gestaffelter Förderprogramme im Sinne von Programmen zur vorkommerziellen Auftragsvergabe erfolgen. Das Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die mit öffentlichen Geldern ausgestatteten Startkapital-Fonds mit einer Konditionalität oder zusätzlichen Herausforderungen zu versehen.

**E7.4 Erleichterungen und Anreize zugunsten von KMU und Start-ups zur Beteiligung an innovationsfreundlicher Auftragsvergabe schaffen.** Hierzu zählt eine Sensibilisierung für die Chancen der Auftragsvergabe und der Abbau von Verwaltungshürden, die einer Beteiligung von KMU und Start-ups entgegenstehen, wie beispielsweise Klauseln, denen zufolge frühere Jahresabschlüsse vorzulegen sind, über die Start-ups in der Regel nicht verfügen. Kleinere und jüngere Firmen sind derzeit unter Umständen von öffentlichen Ausschreibungsverfahren ausgeschlossen,

wodurch die Möglichkeiten für Firmen mit hohem Potenzial beschränkt werden, innovative Lösungen zu skalieren und zur Marktreife zu bringen. Zudem könnte die Regierung eine Plattform einrichten, die es den Behörden ermöglicht, an bestimmten Herausforderungen orientierte Ausschreibungen zu veröffentlichen, die kleinere Firmen mit hohem Potenzial anlocken könnte. Eine solche Plattform wäre geeignet, eine verstärkte Gründung innovativer Unternehmen im Wege der öffentlichen Auftragsvergabe zu fördern.

### ***Einschlägige globale Erfahrungen und bewährte Praxis***

Wie in vielen der in diesem Bericht untersuchten Bereichen der Fall, sind auch die Strategien zur Förderung der Innovation in Deutschland an sich bereits experimentell und an den Grenzen des heute verfügbaren Wissens angesiedelt. Dies gilt auch für den Einsatz der öffentlichen Auftragsvergabe als nachfrageseitiges Instrument zur Förderung von Innovation; dieser Bereich erregt aufgrund seiner theoretisch wirkmächtigen Funktion weiterhin Aufmerksamkeit. Die öffentliche Auftragsvergabe macht in vielen OECD-Ländern einen großen Anteil der Endnachfrage aus, sodass etliche Länder sich entschlossen haben, sie als starken nachfrageseitigen Innovationstreiber einzusetzen (OECD, 2017<sup>[4]</sup>). Doch trotz weitreichender Zusagen zur Nutzung der öffentlichen Auftragsvergabe als Innovationsmotor fallen die Bewertungen ihrer Leistungsfähigkeit verhaltener aus, wie die Europäische Kommission in einem jüngeren Bericht festhielt (Europäische Kommission, 2021<sup>[5]</sup>). Andere Forschungsergebnisse aus den Vereinigten Staaten ließen erkennen, dass Unternehmen aktiv in die Forschung investieren, um ihre Chancen, den Zuschlag bei öffentlichen Aufträgen zu erhalten, zu erhöhen; dies rückt einen weiteren Weg ins Blickfeld, der von Regierungen besritten werden kann, um die Forschung im Privatsektor zu stimulieren (Belenzon und Cioaca, 2021<sup>[6]</sup>).

Die öffentliche Auftragsvergabe kann gezielte Unterstützung bei der vorkommerziellen Beschaffung leisten. Im Rahmen der vorkommerziellen Vergabe von Aufträgen kaufen öffentliche Beschaffer Forschungs- und Entwicklungsleistungen konkurrierender Anbieter ein, um alternative Ansätze zur Bewältigung bestimmter Herausforderungen zu entwickeln, womit sie der im privaten (oder öffentlichen) Sektor erbrachten Forschung zusätzliche Ausrichtung bieten. Dies greift den Ansatz der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), dem Institut zur Erforschung zukunftsorientierter Projekte für die Verteidigung in den Vereinigten Staaten, auf, das Forschungsvorschläge für spezielle technische Herausforderungen in Bereichen wie Materialforschung und Halbleiter einwirbt.<sup>1</sup> Auf diese Weise kann der öffentliche Sektor die mit den Rechten an geistigem Eigentum aus FuE verbundenen Nutzen und Risiken mittragen. Dies fördert die Schaffung neuer Arbeitsplätze und das Unternehmenswachstum und stimuliert zugleich die Innovation zur Erreichung von Transformationszielen, die sonst in dieser Form u. U. nicht stattgefunden hätte. Die Europäische Kommission hat die Förderung für die vorkommerzielle öffentliche Auftragsvergabe durch das Programm Horizont Europa aufgestockt (Europäische Kommission, o. J.<sup>[7]</sup>). Im Laufe des Jahres 2022 führt die Europäische Kommission mehrere offene vorkommerzielle Ausschreibungsverfahren durch, beispielsweise für die diagnostische Tumorcharakterisierung auf Molekularebene und die Einrichtung von Plattformen für Telerehabilitation zugunsten von Patient\*innen in abgelegenen Regionen.<sup>2</sup>

## **11.1. Benchmarking der Innovationsleistung Deutschlands in der Übergangsphase**

### ***11.1.1. Technologische Spezialisierung in Deutschland***

Ausweislich der verfügbaren Daten zu Patenten und Marken (Abbildung 11.1) ist es Deutschland gelungen, die technologischen Kompetenzen in mehreren wichtigen Feldern von Bedeutung für die Nachhaltigkeitswende und den digitalen Wandel zu konsolidieren. Die deutsche Spezialisierung in umwelt-

relevanten Technologien entspricht in etwa dem EU-Durchschnitt. Allerdings ist der für diese Technologiegruppe relevante Patentanteil, mit Ausnahme der Windtechnologie, trotz erhöhter öffentlicher Fördermittel gesunken. Darüber hinaus klafft eine Lücke zwischen energiebezogenen Innovationen auf der einen und sonstigen Umwelttechnologien auf der anderen Seite.

### **Kasten 11.1. Messung nachhaltigkeitsrelevanter Innovation: Klimaschutz und -anpassungstechnologien**

#### **Vor- und Nachteile der Auswertung von Patent- und Markendaten**

Wie bereits in Kapitel 3 im Abschnitt zum Benchmarking erörtert, ist die Heranziehung von Patenten als Indikator für Innovationsleistungen ein fehlerhafter Ansatz. Nicht jede Innovation in diesem Bereich wird patentiert und folglich erfasst. Umgekehrt enthalten nicht alle patentierten Erfindungen zukunftsfähige, effektive und nachhaltige Innovationen. Zudem ist der Schritt hin zu einer nachhaltigeren Entwicklung weitgehend abhängig von der Akzeptanz der betreffenden Technologien auf Seiten der Unternehmen. Eine solche Vorgehensweise erfasst weder das Verbreitungslevel noch die Innovation bei den unternehmensbezogenen Dienstleistungen, die zum Einsatz der Technologien führen.

Markendaten können einige der nichttechnischen Innovationen erfassen, die in diesem Bereich ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, da sie die Vermarktung von Forschungsergebnissen widerspiegeln (Millot, 2009<sup>[8]</sup>). Sie weisen überdies einen hohen Textanteil auf und lassen sich leicht verarbeiten. Ähnlich wie bei Patenten können ihre Metadaten zusätzliche Erkenntnisse in Fragen wie der regionalen und sozioökonomischen Teilhabe im Rahmen von Innovationen, der Zusammenarbeit und internationalen Ausrichtung der Forschung, sowie einer Nachverfolgung der Vermarktung neu entstehender Technologien vermitteln. Wichtig ist zudem, dass Marken insbesondere im Dienstleistungssektor eine besondere Rolle spielen, wo Innovationen häufig als nichttechnischen einzustufen sind.

Bei dem Versuch, die Zielrichtung von FuE und die mit Innovationsleistungen verbundenen Absichten zu ermitteln, können die in Patenten enthaltenen technischen Metadaten Aufschluss über den potenziellen Beitrag von Innovationen zu Nachhaltigkeitszielen, wenn nicht gar über deren Realisierbarkeit geben. Patentdaten ermöglichen auch einen internationalen Vergleich der Innovationsquellen und lassen erkennen, welche Sektoren und Branchen FuE für Technologien einsetzen, die sich u. U. förderlich auf die Nachhaltigkeitswende auswirken.

#### **Patente und Marken für Klimaschutz- und -anpassungstechnologie**

Das Europäische Patentamt (EPA) verfügt über ein eigens erstelltes Klassifikationsschema für Klimaschutz- und -anpassungstechnologien, das so genannte „Y02-Indizierungsschema“ der gemeinsamen Patentklassifikation, um einschlägige Erfindungen in internationalen Patentdatenbanken, wie beispielsweise in seiner Patentstatistikdatenbank EPO PATSTAT, zu ermitteln (Angelucci, Hurtado-Albir und Volpe, 2018<sup>[9]</sup>). Dieses Klassifikationsschema wurde von jeweils auf den entsprechenden Technologiebereich spezialisierten Patentprüfer\*innen beim EPA mithilfe von externen Fachleuten entwickelt. Es klassifiziert Millionen von Patentunterlagen zu einer Vielzahl von Klimaschutz- oder -anpassungstechnologien, darunter Elektrofahrzeuge, Technologie im Bereich der erneuerbaren Energien, wirkungsvolle Verbrennungstechnologien (beispielsweise Kraft-Wärme-Kopplung), CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung, effiziente Bereitstellung elektrischer Energie (beispielsweise intelligente Stromnetze), Wasserstofftechnologie, energiesparende Beleuchtung und Energiespeicherung (beispielsweise Batterien und Brennstoffzellen). Es hat sich zu einem vielfach genutzten internationalen Standard zur Fortschrittsüberwachung von klimarelevanten Technologien weltweit entwickelt.

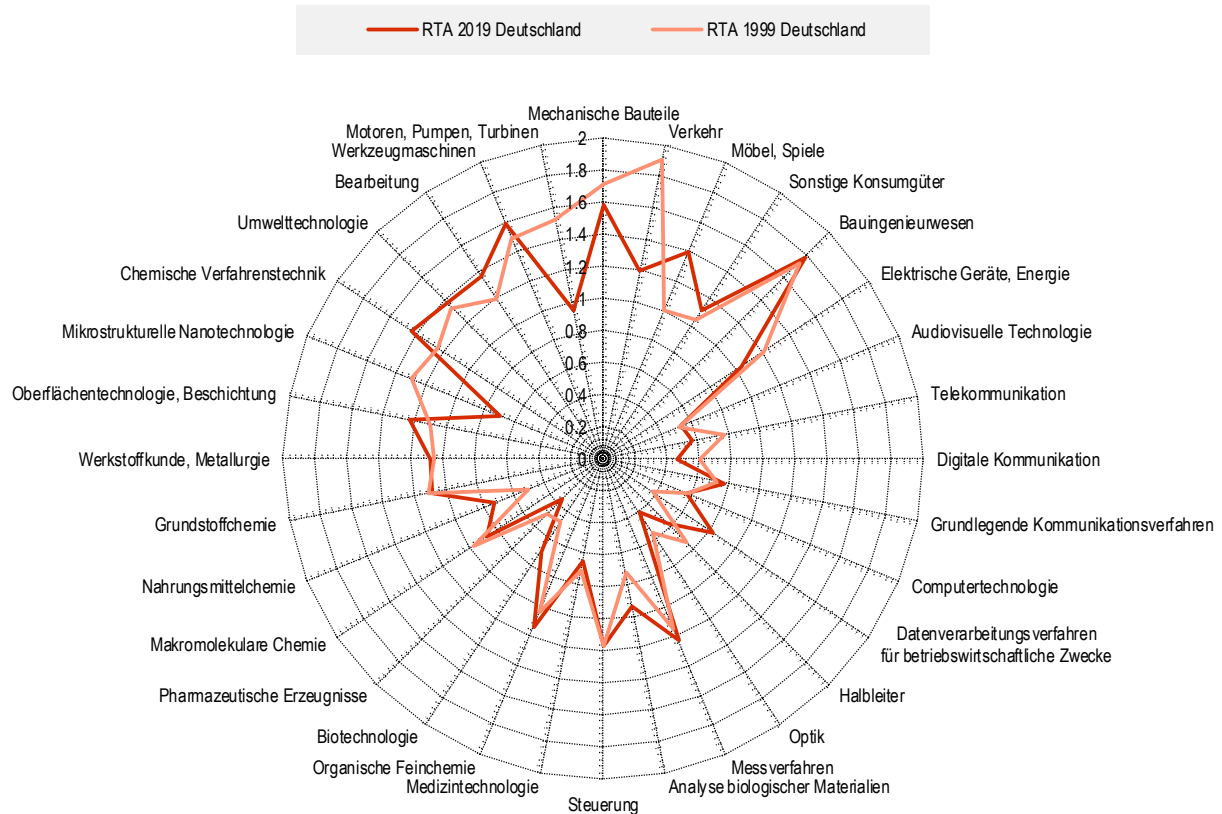
Das Y02-Indizierungsschema für „Technologien oder Anwendungen für Klimaschutz und -anpassung“ umfasst die folgenden Kategorien:

- Y02A – Technologien zur Anpassung an den Klimawandel
- Y02B – Klimaschutztechnologien für Gebäude, beispielsweise Wohnhäuser, Haustechnik oder damit verbundene Endnutzeranwendungen
- Y02C – Abscheidung, Speicherung, Sequestrierung oder Entsorgung von Treibhausgasen
- Y02D – Klimaschutztechnologien für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), d. h. IKT, die eine Senkung ihres eigenen Energieverbrauchs bewirken
- Y02E – Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen in Verbindung mit Energieerzeugung, Energietransport oder Energieverteilung
- Y02P – Klimaschutztechnologien für die Herstellung oder Verarbeitung von Produkten
- Y02T – Klimaschutztechnologien für den Verkehr
- Y02W – Klimaschutztechnologien für die Abwasseraufbereitung oder die Abfallwirtschaft

Abbildung 11.1 zeigt Deutschlands relativen technologischen Vorteil (Revealed Technological Advantage – RTA). Dabei handelt es sich um einen Index der relativen Spezialisierung des jeweiligen Landes innerhalb der 35 Technologiefelder der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO). Mehrere davon sind von Belang für die Nachhaltigkeitswende, beispielsweise Verkehr, Motoren und Maschinen, aufgrund des Emissionsbeitrags dieser Branchen innerhalb und außerhalb Deutschlands.<sup>3</sup> Im vergangenen Jahrzehnt hat sich das Technologieprofil Deutschlands kaum verändert, obgleich bereits vorhandene Bereiche mit relativ hohem Spezialisierungsgrad (darunter Verkehr, Maschinenbau, thermische Verfahren und Wärmekraftmaschinen, Pumpen und Turbinen) expandiert haben.

Die Bereiche, in denen Deutschland eine geringe Spezialisierung aufweist, sind unverändert. Hierzu zählen Telekommunikations- und digitale Kommunikationstechnologien, Computertechnik, Datenverarbeitungsverfahren für betriebswirtschaftliche Zwecke und Halbleiter. Der relativ geringe Grad der deutschen Spezialisierung in der Digitaltechnologie und den damit verbundenen Technologien (veranschaulicht in Abbildung 11.1 durch Telekommunikation, Computertechnik, Datenverarbeitungsverfahren und Halbleiter) findet seine Entsprechung im gesamteuropäischen Raum. Demgegenüber fokussiert sich der RTA von Korea und Japan wesentlich stärker auf die digitalen und damit verbundenen Technologien; dies ist auch bei der Volksrepublik China (im Folgenden China) mit einem RTA von 2,9 in der digitalen Kommunikation der Fall.

Abbildung 11.1. Technologische Spezialisierung, EPA-Patentanmeldungen, 2019



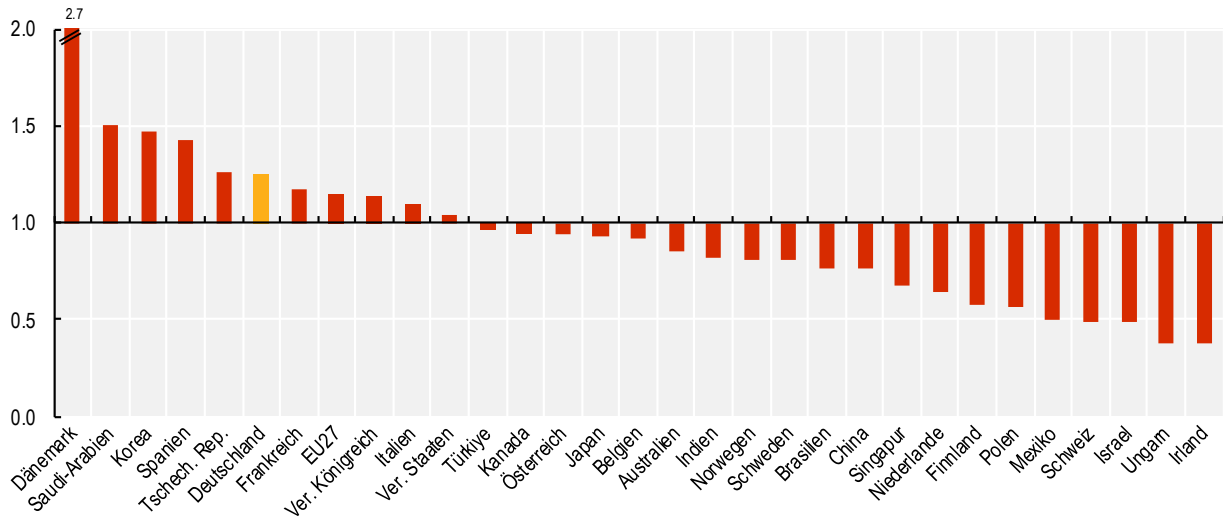
Quelle: OECD-Patentindikatoren. Der RTA-Index wird anhand der Zahl der Patentanmeldungen beim EPA auf Basis des Anmeldejahrs und des Landes der Einreichung (anteilige Zählung) berechnet; dabei wird der Patentanteil jeder Volkswirtschaft in einer Technologie durch den globalen Patentanteil in derselben Technologie dividiert.

### 11.1.2. Technologische Spezialisierung in Bereichen mit Bezug zur Nachhaltigkeit

Deutschland hat sein Spezialisierungsniveau bei den Umwelttechnologien in den vergangenen zehn Jahren (von 1,23 auf 1,44) angehoben und damit wichtige Chancen für Innovation und technologischen Wandel in vielen Wirtschaftssektoren und Arbeitsbereichen geschaffen. Der deutsche Unternehmenssektor weist zudem einen signifikanten RTA für Technologien in den Bereichen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel auf (siehe Kasten 11.1). Wie in Abbildung 11.2 dargestellt, verzeichnet Deutschland in diesen Technologiefeldern weltweit den sechstöchsten RTA (1,2). Aus den Ausführungen im folgenden Unterabschnitt geht hervor, dass Deutschland auch eine vergleichsweise erfolgreiche Vermarktungsquote vorzuweisen hat, wie die große Zahl von Unternehmen mit Patent- und Markenmeldungen in diesen Bereichen belegt.

### Abbildung 11.2. RTA in den Bereichen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel, 2016–2018

Index basierend auf dem im jeweiligen Patent angegebenen Wohnort der Erfinder\*innen

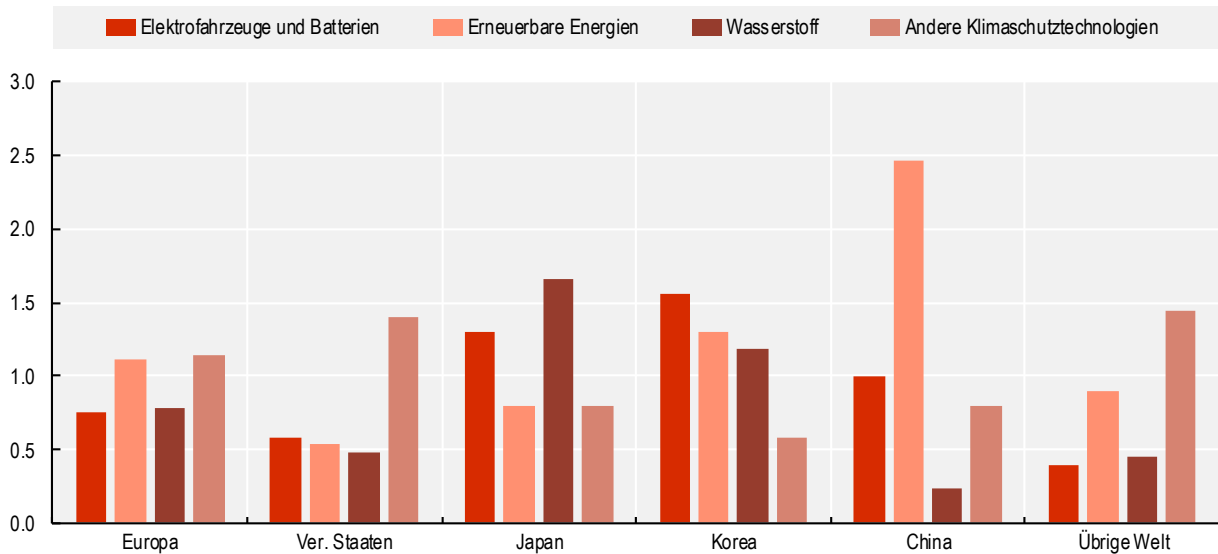


Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf Volkswirtschaften, in denen im Zeitraum 2016–2018 mindestens 250 patentierte Erfindungen der weltweit führenden FuE-Investoren verzeichnet wurden. Der Revealed Technology Advantage wird in *World Corporate Top R&D Investors: Paving the way for climate neutrality* (Amoroso et al., 2021<sup>[10]</sup>) definiert. Die Auswahl der Patente wird in Kasten 11.1 erläutert.

Quelle: Amoroso et al. (2021<sup>[10]</sup>).

### Abbildung 11.3. RTA der Regionen, nach Technologiebereichen, 2016–2018

Index basierend auf IP5-Patentfamilien in den Bereichen Klimaschutz oder -anpassung, nach Wohnort der Erfinder\*innen



Anmerkung: IP5 - Forum der weltweit fünf größten Ämter für geistiges Eigentum; die Daten beziehen sich auf anteilige Zählungen von IP5-Patentfamilien in den Bereichen Klimaschutz oder -anpassung im Besitz der führenden FuE-Investoren im Zeitraum 2016-2018, nach Wohnort der Erfinder\*innen. Der RTA wird errechnet, indem der Patentanteil jeder Volkswirtschaft in einer Technologie durch den globalen Patentanteil in derselben Technologie dividiert wird.

Quelle: Amoroso et al. (2021<sup>[10]</sup>).



Deutschland verzeichnet zudem einen relativ hohen RTA für diverse Technologien, die für die künftige Wettbewerbsfähigkeit führender Wirtschaftszweige von wesentlicher Bedeutung sind, beispielsweise für erneuerbare Energien, die aber auch die digitale und nachhaltige Transformation des Automobilsektors betreffen (Abbildung 11.3). Doch während Deutschland in einer Reihe von Technologiefeldern einen höheren RTA als die Vereinigten Staaten aufzuweisen hat, trifft dies nicht im selben Maße bei der Gegenüberstellung mit Japan und Korea zu, zwei zentralen Standorten des globalen Automobilsektors. Korea hat einen signifikant höheren RTA als Deutschland bei Elektrofahrzeugen, erneuerbaren Energien und bei der Wasserstofftechnologie, während Japan bei Elektrofahrzeugen und Wasserstoff vor Deutschland liegt.

Im Feld der wissenschaftsbasierten Spitzentechnologien (wie beispielsweise Biotechnologie und Nanotechnologien) zeigt Deutschland Kompetenzen in den Mikrostruktur- und Nanotechnologien, bei denen sein Spezialisierungsindex im Laufe der Zeit (von 1,09 auf 1,23) angestiegen ist; die Biotechnologie hingegen verharrt auf dem bisherigen Spezialisierungsniveau, nur knapp über dem Durchschnitt (1,03 für das Jahr 2019) (Abbildung 11.1).

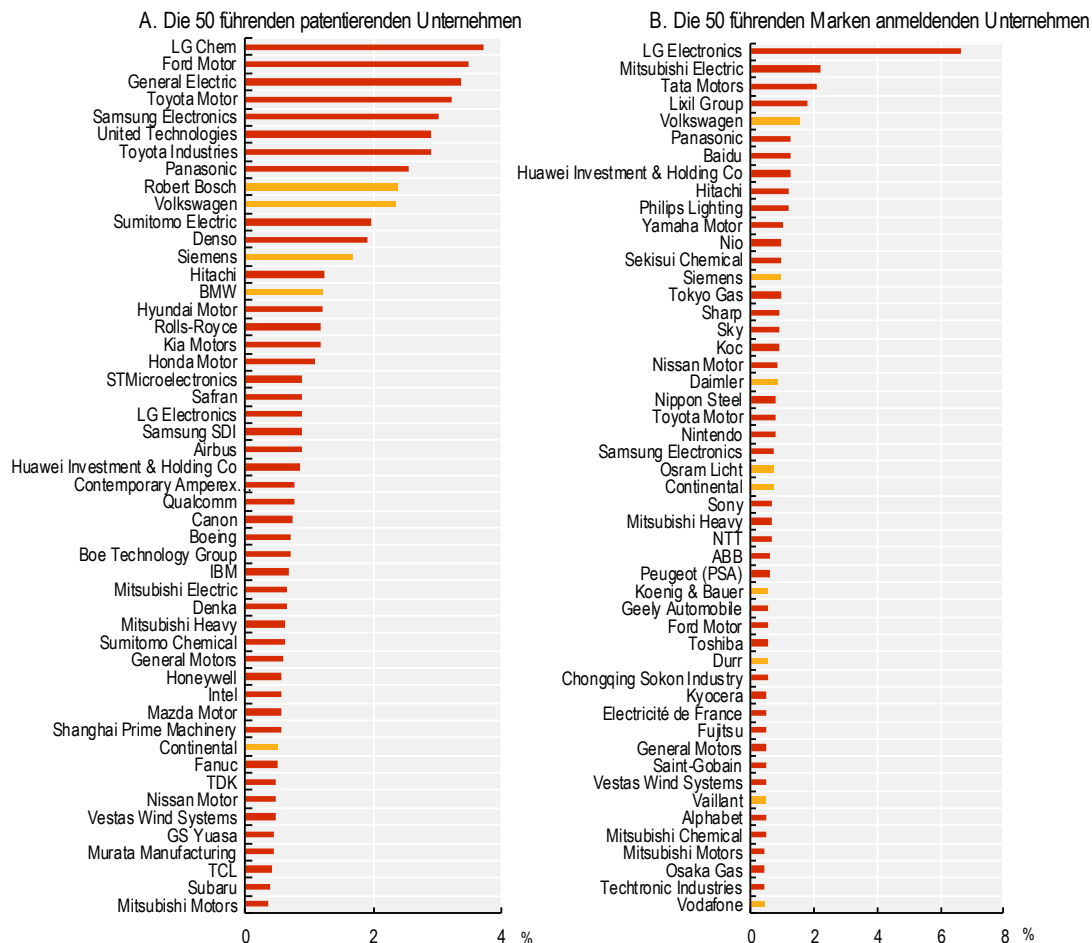
### **11.1.3. Benchmarking der Innovationskapazitäten und -leistung zur Förderung der Nachhaltigkeit**

Der folgende Unterabschnitt untersucht die deutschen Innovationskapazitäten und -leistungen zur Förderung der ökologischen Nachhaltigkeit in zwei Bereichen. Der erste betrifft die Präsenz deutscher Firmen unter den weltweiten Spitzenunternehmen bei Patent- und Markenmeldungen in für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel relevanten Fachgebieten. Im Vergleich zu anderen OECD-Ländern treten die von deutschen Firmen erlangten Patente und Marken in höherer Konzentration in Fachgebieten mit Relevanz für Klimaschutz und Klimaanpassung auf. Der zweite Bereich betrifft den zwischenzeitlich erreichten Leistungsstand deutscher Unternehmen in diesen Technologiebereichen. In einem weiteren Unterabschnitt werden die mit Blick auf ökologische Nachhaltigkeit erfolgenden Innovationen im Automobilsektor erörtert.

Wie in der vierten Auflage des Berichts der OECD und der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission zu den weltweiten Spitzenkonzernen in Forschung und Entwicklung (FuE) vermerkt, spielen große und innovative Unternehmen eine erhebliche Rolle bei der Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele. So verfügen die 2 000 untersuchten Firmen, die für 87 % der weltweiten Unternehmensausgaben für FuE verantwortlich sind, über 70 % der Patente in den für Klimaschutz und Bewältigung des Klimawandels relevanten Technologien und 10 % der Marken in diesen Technologiefeldern (gegenüber 63 % der Patente insgesamt sowie 6 % der Marken insgesamt) (Amoroso et al., 2021<sup>[10]</sup>).

Der deutsche Unternehmenssektor spielt in dieser Hinsicht international eine wichtige Rolle, da mehrere deutsche Unternehmen unter den führenden Patent- und Markeninhabern in den Bereichen Klimaschutz und Klimaanpassung aufgelistet werden. Hierzu zählen Unternehmen in den Sektoren Transportausrüstungen und Maschinenbau, die im Allgemeinen die höchsten FuE-Ausgaben aufweisen und weltweit bei den für Nachhaltigkeit relevanten Marken- und Patentanmeldungen an der Spitze stehen (Abbildung 11.4).

Abbildung 11.4. Top 50 der Unternehmen für Patent- und Markenmeldungen in den Bereichen Klimaschutz und Klimaanpassung, 2016–2018



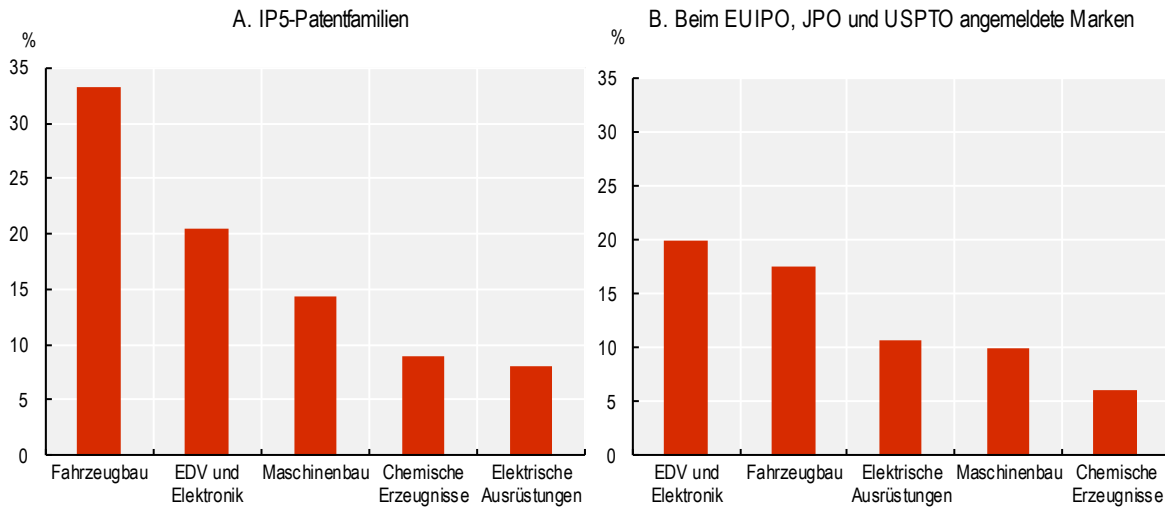
Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf den Anteil der diesen Unternehmen in Bezug auf Klimaschutz und -anpassung erteilten Patente (bzw. Marken) an der Gesamtzahl der den führenden 2 000 Unternehmen in diesem Bereich im Zeitraum 2016–2018 erteilten Patente. Die gelben Balken verweisen auf deutsche Unternehmen.

Quelle: Amoroso et al. (2021)<sup>[10]</sup>.

Die deutsche Wirtschaft zählt auch zu denjenigen mit der insgesamt ausgeprägtesten Spezialisierung bei Marken und Patenten im Bereich der Nachhaltigkeit. Im Vergleich zu anderen OECD-Ländern treten die von deutschen Firmen erlangten Patente und Marken in höherer Konzentration in Fachgebieten mit Relevanz für Klimaschutz und Klimaanpassung auf. Unter den Ländern mit den höchsten FuE-Leistungen weisen nur China und Korea eine größere Markenspezialisierung im Bereich Nachhaltigkeit auf, und nur koreanische Innovatoren erreichen eine vergleichsweise höhere Anzahl von Patenten in diesem Bereich (Abbildung 11.6). Viele der Branchen, in denen Deutschland am wettbewerbsfähigsten ist, sind auch für die höchsten Werte bei der klimarelevanten Patentaktivität verantwortlich. So sind beispielsweise die Top 5 unter den sektorbezogenen Antragstellern von IP5-Patenten für klimarelevante Technologien die Branchen Transportausrüstungen, Computer und Elektronik, Maschinenbau, Chemie und Elektrogeräte, allesamt wichtige Repräsentanten deutscher Innovation und Wettbewerbsfähigkeit (Abbildung 11.5). Daran lässt sich ablesen, dass innovative Schlüsselsektoren – und Verursacher von Treibhausgas-Emissionen – ihre Forschung und Entwicklung vermehrt auf Technologien ausrichten, die es ermöglichen, die Wettbewerbsfähigkeit in einem nachhaltigen Umfeld aufrechtzuerhalten. Dies könnte wiederum die Entwicklung von Innovationen beschleunigen, die den Übergang zu größerer sozioökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit unterstützen.

### Abbildung 11.5. Top 5 der Sektoren mit Patenten oder Marken für Technologien in den Bereichen Klimaschutz oder Klimaanpassung, 2016–2018

Anteil der Sektoren an Patenten oder Marken in diesem Bereich, ISIC Rev. 4.

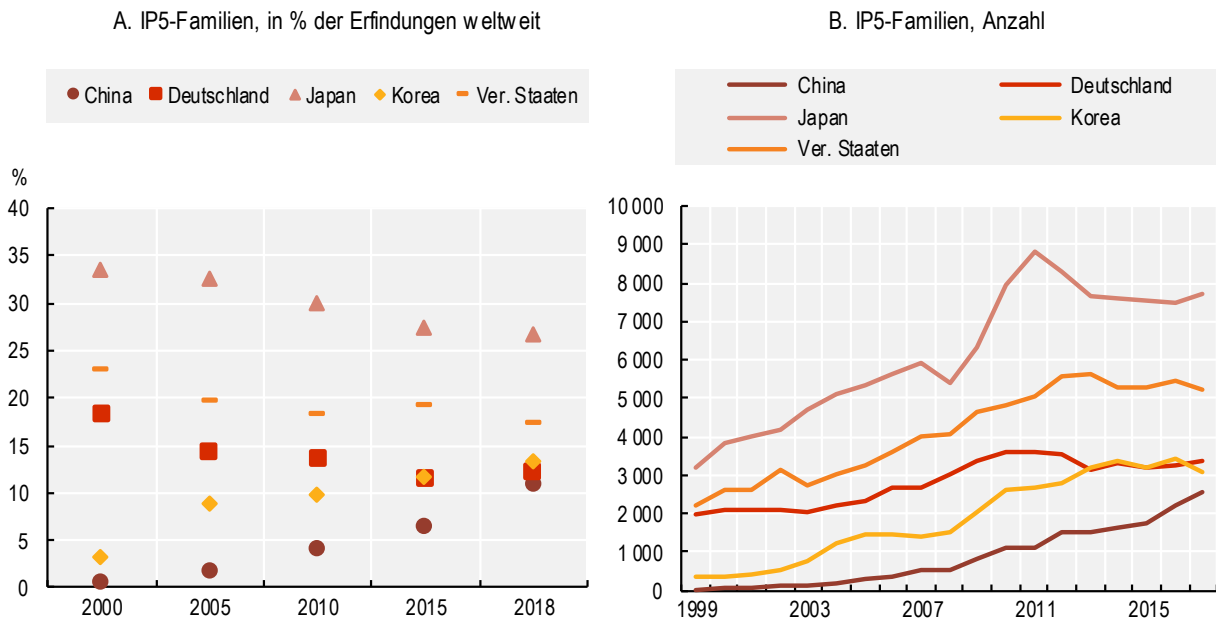


Anmerkung: EUIPO: Amt der Europäischen Union für geistiges Eigentum; JPO: japanisches Patentamt; USPTO: Patent- und Markenamt der Vereinigten Staaten.

Quelle: Amoroso et al. (2021<sub>[10]</sub>).

### Abbildung 11.6. Patentierung von Umwelttechnologien, 2000–2018

IP5-Patentfamilien, Prioritätsdatum basierend auf Wohnsitzstaat der Erfinder\*innen



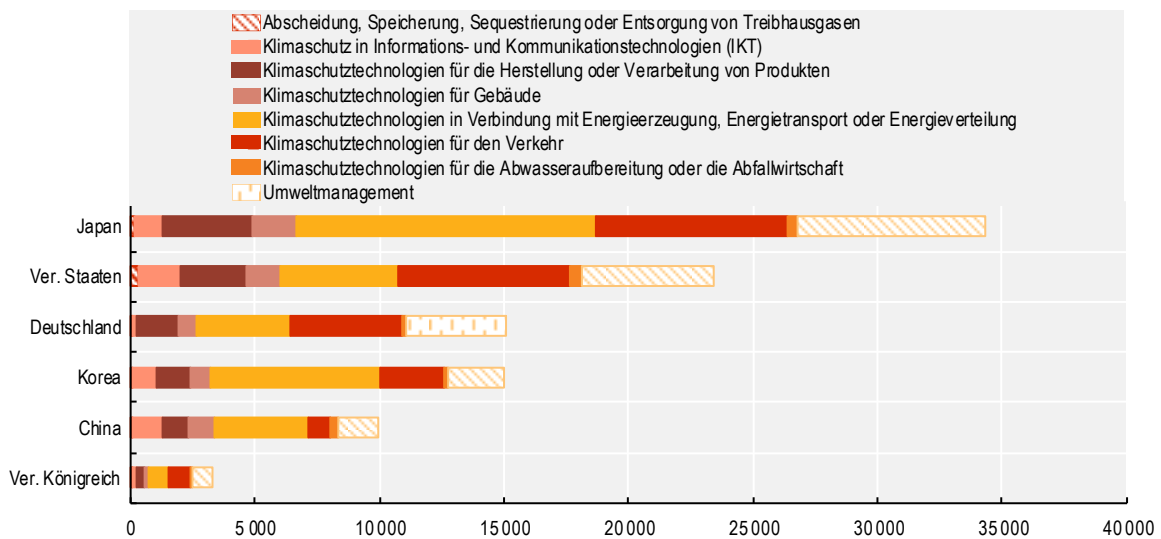
Anmerkung: IPC - International Patent Classification (WIPO). Umwelttechnologie bezieht sich auf die relevante WIPO-Technologieklassifikation.  
 Quelle: OECD (o. J.<sub>[11]</sub>) „Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC)“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00508-en> (Abruf: 21.Mai 2022).

Zwar ist der relative Beitrag Deutschlands zur Gesamtzahl der jährlichen Patentanmeldungen bei den Umwelttechnologien seit dem Jahr 2000 gesunken, das Land leistet jedoch mit 23,4 % aller Umwelttechnologie-Patente im Jahr 2018 mit Abstand den größten Beitrag (Abbildung 11.6). Wie in anderen Ländern mit Spitzenpositionen in der Patentierung ist auch hier das Ergebnis seit 2016 stark eingebrochen. In jedem dieser Länder geht der Rückgang bei den Patentergebnissen einher mit einem vergleichbaren Rückgang wissenschaftlicher Publikationsleistungen in den einschlägigen Technologiefeldern wie Energie, Umweltwissenschaften, Materialforschung und Chemie (OECD, o. J.<sup>[12]</sup>). Deutschland befindet sich daher in einer günstigen Ausgangsposition, um Wettbewerbsvorteile in vielen Technologiebereichen auszubauen, die die Dekarbonisierung und den generellen Vorstoß hin zu nachhaltigeren Wirtschaftsmodellen fördern.

Deutschland ist zudem ein Innovationsmotor in vielen fortgeschrittenen Technologiebereichen, die für den Erfolg der Dekarbonisierung und den Übergang zu einem nachhaltigeren sozioökonomischen Modell unerlässlich sein werden. Das Land leistet den drittgrößten Beitrag zu den weltweiten Patentanmeldungen in mehreren dieser Technologiebereiche, wobei seine besonderen Stärken im Energietransport, in der Energieerzeugung und -verteilung, den verkehrsrelevanten Umwelttechnologien und den Umweltmanagementtechnologien liegen (Abbildung 11.7). Diese innovativen Kapazitäten sind ein gutes Omen für die künftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft, auch wenn diese zu einem großen Teil davon abhängen, dass die Stärken in den wichtigsten Spitzentechnologien, die für Skalierung und Umsetzung erforderlich sind, ausgebaut werden.

### Abbildung 11.7. Patentierung mit Relevanz für Klimaschutz und Umweltmanagement, 2015–2018

IP5-Patentfamilien, Prioritätsdatum, Wohnsitzstaat der Erfinder\*innen



Quelle: OECD (o. J.<sup>[11]</sup>), „Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC)“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00508-en> (Abruf: 21. Mai 2022).

## 11.2. Industrielle Transformation für die Nachhaltigkeitswende: Der deutsche Automobilsektor

Die Automobilbranche – Deutschlands größter Wirtschaftszweig – vermittelt ein eindeutiges Bild der strukturellen Herausforderungen und Chancen für den Unternehmenssektor im Kontext der Nachhaltigkeitswende. Die Herausforderungen reichen von der Dekarbonisierung im Energiebereich bis hin zu den Auswirkungen der Dekarbonisierung auf die Nutzung von Privatfahrzeugen, von den Konsequenzen der Produktion von Elektrofahrzeugen für die beteiligten Arbeitskräfte bis zu den Schwierigkeiten bei der nachhaltigen Beschaffung von Spitzentechnologien, und verdeutlichen den „systemischen“ Charakter der mit der Nachhaltigkeitswende verbundenen Herausforderungen und Chancen.

Drei miteinander verknüpfte Aspekte spielen hierbei eine Rolle:

- Erstens, wie auch in anderen Bereichen des Verarbeitenden Gewerbes, wird der Kernwert vieler Fahrzeuge mit großer Wahrscheinlichkeit digital oder von neuen Technologien (wie beispielsweise Batterien und Brennstoffzellen) abgeleitet sein. Das sind Bereiche, in denen die deutsche Wirtschaft nicht die gleichen komparativen Vorteile genießt wie in den traditionellen Fertigungssektoren. Außerdem liegt Deutschland hinter vielen anderen konkurrierenden Volkswirtschaften zurück, was seine Kompetenzen bei der Entwicklung und Herstellung von Spitzentechnologien betrifft, beispielsweise bei den für das autonome Fahren erforderlichen Halbleitern und in der Einführung der für deren sicheres Funktionieren erforderlichen 5G-Netzwerke.
- Zweitens ist die Problematik nicht nur eine Frage der Wettbewerbsfähigkeit. Die Dekarbonisierung der Automobilbranche betrifft auch das Gemeinwohl. Der Industrie- und der Verkehrssektor sind nach wie vor die beiden größten Verursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland; allein das Land Baden-Württemberg, einer der wichtigsten Standorte der Automobilindustrie des Landes, ist für 0,3 % der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Das Beispiel der Niederlande, ein Land, das durchaus ambitioniert und in vielerlei Hinsicht erfolgreich ist, zeigt die Schwierigkeit, CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen und zugleich die Wettbewerbsfähigkeit zu bewahren. Das gilt insbesondere für die energieintensiven Branchen (d. h. schadensbegrenzende nachfrageseitige politische Maßnahmen wie beispielsweise CO<sub>2</sub>-Steuern als Anreiz zur industriellen Dekarbonisierung bei paralleler Subventionierung der betreffenden Industriezweige) (OECD, 2021<sup>[13]</sup>). Die Produktinnovation muss von einer breiter angelegten Umstrukturierung industrieller und wirtschaftlicher Prozesse flankiert werden.
- Drittens werden Änderungen im Mobilitätsverhalten mit einiger Wahrscheinlichkeit die Rolle und den Einsatz von Privatfahrzeugen – sowie deren Nachfrage – insbesondere in den Städten beeinflussen. Jüngste Studien des Weltverkehrsforums (ITF) beschreiben eine Reihe von Trends, die mit gewisser Wahrscheinlichkeit die urbane Mobilität prägen werden, darunter gemeinschaftlich genutzte Mobilitätsleistungen und autonomes Fahren, beide angetrieben von digitalen Technologien. Trotz weltweit weiterhin wachsender Nachfrage nach Personenkraftwagen geht das ITF davon aus, dass im Zeitraum zwischen 2015 und 2030 die gemeinschaftlich genutzte Mobilität zum stärksten Wachstum (15 %) der Nachfrage im städtischen Nahverkehr (in Fahrgastkilometern) innerhalb des OECD-Raums beitragen wird. Tempo und Ausmaß dieser Transformationen bleiben unklar, insbesondere da es sich mit einiger Wahrscheinlichkeit um einen äußerst heterogenen Prozess auf globaler Ebene handeln wird. Der Trend zeichnet sich jedoch deutlich ab, und die Zukunft des deutschen Automobilsektors und die Wettbewerbsfähigkeit seiner Exporte werden in den kommenden Jahrzehnten stark von der Digitalisierung und Dekarbonisierung beeinflusst werden; dies bedingt radikale Innovationen und einen radikalen Wandel in der gesamten Branche.

Die Automobilindustrie sieht sich mithin einer der tiefgreifendsten Transformationen in der deutschen Wirtschaft gegenüber – nicht nur im Hinblick auf die Produkte, sondern auch bezüglich der Herstellungsprozesse und neuer Verhaltensmuster bei den Verbrauchern, wie beispielsweise die Verschiebung hin zu den Mobilitätsdienstleistungen oder die zunehmende Regulierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen (Paunov und Planes-Satorra, 2019<sup>[14]</sup>). Elektromobilität, autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen und die Einbindung neuer Technologien (so etwa das Internet der Dinge) stellen die Automobilhersteller und ihre Lieferketten vor erhebliche Innovationsherausforderungen. Verwerfungen auf den globalen Märkten tragen zu den Veränderungen bei, die diesen Industriezweig betreffen.

Die Verschiebung hin zu Elektrofahrzeugen ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Transformation, da sie von neuen und strengeren europäischen Auflagen für CO<sub>2</sub>-Emissionen vorangetrieben wird. Zunehmende internationale Konkurrenz sowohl von weltweit agierenden Herstellern als auch von neuen Wettbewerbspartnern, wie beispielsweise Tesla und global aufgestellte Tech-Firmen, setzt die deutschen Unternehmen zusätzlich unter Druck, den Wandel zu vollziehen. Die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen bleibt weiterhin abhängig von Infrastruktur, Verbraucheranreizen, Emissionsschutzverordnungen und CO<sub>2</sub>-Preisen. Im Laufe der weiteren Entwicklung dieser Faktoren wird der Anteil von Elektrofahrzeugen sehr wahrscheinlich signifikant ansteigen und könnte bis 2035 den Großteil des Neuwagenverkaufs ausmachen (Strategy&, 2021<sup>[15]</sup>).

Obwohl die Branche einige Zeit gebraucht hat, um sich auf diese Veränderungen einzulassen, hat sich das Tempo beim Übergang zu Elektrofahrzeugen in den letzten Jahren drastisch verschärft. Angesichts der Tendenzen bei FuE und Patentierung scheint die deutsche Automobilindustrie grundsätzlich in einer guten Ausgangsposition zu sein, in diesem Innovationsparadigma konkurrenzfähig zu bleiben. Sowohl FuE als auch die Patentaktivität haben signifikant zugenommen, insbesondere seit 2015. Die meisten der großen Automobilhersteller haben damit begonnen, Elektroversionen ihrer Standardmodelle zu produzieren, mit der Zusicherung, in den kommenden Jahren ihre gesamte Produktion auf Elektrofahrzeuge umzustellen.

Der Sektor muss andere wichtige Herausforderungen bewältigen, die für den Erfolg bei seinen Transformationsbemühungen bestimmend sind. Eine davon ist die Innovation in der Lieferkette, ein wesentlicher Baustein im Rahmen der Umwandlung. Zulieferer haben u. U. Schwierigkeiten, sich an die neuen Branchentrends anzupassen, nachdem sie jahrzehntelang Bauteile für die traditionellen Verbrennungsmotoren gefertigt haben. Sie müssen sich von dem Konzept der Produktinnovation verabschieden und sich einem hybriden Modell annähern, das Produktinnovation mit Dienstleistungsinnovation verbindet, und in diesem Zuge integrationsfähige intelligente Dienstleistungen zur Verkehrsmobilität anbieten. Zudem wird die auf Software-Lösungen, KI und Interkonnektivität gestützte Erbringung von Dienstleistungen einen greifbaren Unterschied für die zukünftige Wertschöpfung machen, der zur Anwendung neuer Organisations- und Geschäftsmodelle unter Einbindung digitaler Lösungen führt.

Bei der Bewältigung des Umstiegs auf Elektrofahrzeuge besteht eine markante Schwäche der großen Hersteller in Deutschland (und Europa) in ihrem Rückstand bei den Kapazitäten für Batterieinnovationen, ein Bereich, in dem die amerikanischen und asiatischen Hersteller bereits im Vorteil sind. Einer Studie der IEA zur internationalen Patenttätigkeit zufolge führt Japan mit einem Drittel aller Patentanmeldungen das Rennen um neue Batterietechnologien an, gefolgt von Korea.<sup>4</sup> Im Zeitraum von 2000 bis 2018 stellten die japanischen Unternehmen 7 der Top 10 unter den Antragstellern, während das koreanische Unternehmen Samsung Electronics mit 4 787 Erfindungen der produktivste Einzel-Antragsteller war. Auf dem zweiten Platz landete der Tesla-Zulieferer Panasonic (4 046 Erfindungen), gefolgt von LG Electronics (2 999) (Gregori et al., 2020<sup>[16]</sup>). Dies führt zu einer Abhängigkeit Deutschlands und Europas von asiatischen Herstellern und verringert die Chancen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Fertigung durch Nutzung von Ökostrom aus Europa zu reduzieren. Der beträchtliche Anteil von Batterien in der Wertschöpfungskette der Produktion von Elektrofahrzeugen ist ein starker Anreiz, vermehrt in diesen Bereich zu investieren. Angesichts der Herausforderung, ein verlässliches Batterieangebot sicherzustellen, haben führende Unternehmen, wie beispielsweise Volkswagen, unlängst ihren Einstieg in die Batterieproduktion für

Elektrofahrzeuge und die Errichtung mehrerer „Gigafabriken“ in Europa bis zum Ende des Jahrzehnts angekündigt.

Wie von Dechezleprêtre et al. (erscheint demnächst<sup>[17]</sup>) nachgewiesen, spricht der Anteil von Patenten für Technologien zur ökologischen und digitalen Transformation bei der Automobilinnovation für deren wachsende Bedeutung innerhalb des Sektors. Obwohl seit 2010 stagnierend, ist die Anzahl der Patentanmeldungen pro Jahr für Technologien im Bereich Elektrofahrzeuge seit 2007 höher als diejenige für Technologien im Bereich Verbrennungsmotoren. Die Zahl der Patentanmeldungen für Technologien im Bereich autonomes Fahren ist im Laufe des letzten Jahrzehnts ebenfalls drastisch angestiegen und übertrifft inzwischen sowohl die Zahl der Patentanmeldungen für Verbrennungsmotoren und als auch diejenige für Elektrofahrzeuge. Patente mit Bezug zu Automobiltechnologien haben in den vergangenen beiden Jahrzehnten stetig zugenommen (ebd.).

Für den Zeitraum 2016–2019 rangiert Deutschland mit der dritthöchsten Gesamtzahl von Automobilpatenten nur hinter Japan (Nummer eins) und den Vereinigten Staaten (Nummer zwei), jedoch vor Korea (vierter Rang) und China (fünfter Rang) (Dechezleprêtre, A. et al., erscheint demnächst<sup>[17]</sup>). Deutschland hat auch den dritthöchsten weltweiten Anteil an Patenten im Bereich autonomes Fahren aufzuweisen, liegt jedoch in dieser Hinsicht erheblich hinter den Vereinigten Staaten (Nummer eins) und Japan (Nummer zwei) zurück, was den signifikanten relativen Vorsprung dieser beiden Länder bei den digitalen Technologien unter Beweis stellt. Deutschland, Österreich, Frankreich und Japan zeichnen sich durch einen hohen RTA in einer Reihe von Automobiltechnologien aus. China, Korea, die Vereinigten Staaten, die Niederlande und die Schweiz sind demgegenüber in diesen Technologiebereichen unzureichend spezialisiert. Allerdings haben diese Länder in den vergangenen 20 Jahren die Lücke zu den führenden Volkswirtschaften beträchtlich verringert (ebd.).

Die RTA weichen je nach Technologiebereich erheblich voneinander ab (Dechezleprêtre, A. et al., erscheint demnächst<sup>[17]</sup>). Deutschland hat den höchsten RTA weltweit (1,7) im Bereich der Automobiltechnologie, obwohl er im Vergleich zu dem im Zeitraum von 2000 bis 2003 erreichten Niveau leicht gesunken ist. Im Unterschied dazu haben mehrere Volkswirtschaften, beispielsweise Korea, die Vereinigten Staaten und China, ihren RTA für Automobiltechnologien verbessert, wenngleich sie dabei weiterhin unterhalb des Wertes 1 bleiben. Bei einer Reihe von europäischen Volkswirtschaften (insbesondere Frankreich, Schweden und Italien) liegt der RTA oberhalb von 1, hauptsächlich im Bereich Verbrennungsmotoren. In Deutschland und Österreich wird der RTA auch von Wasserstoff und Elektromotoren beflügelt. Im Falle Deutschlands ist dies ein Anzeichen wachsender Stärke außerhalb der Innovationen für Verbrennungsmotoren. Deutschland verfügt de facto auch über einen vergleichsweise starken RTA in der Batterietechnologie (1), bleibt dabei jedoch deutlich hinter Korea (2,2) und Japan (1,7) zurück. Indes ist Deutschland für mehr als die Hälfte der europäischen Patentanmeldungen im Bereich der Stromspeichertechnologien verantwortlich (Gregori et al., 2020<sup>[16]</sup>).

### 11.3. Technologische Marktreife von Lösungen für die industrielle Nachhaltigkeit

Die Dekarbonisierung der Industrie ist ein wichtiger Aspekt der deutschen Bemühungen in Richtung CO<sub>2</sub>-Neutralität. Wie im Prüfbericht zur Energiepolitik in Deutschland 2020 festgehalten, war der Industriesektor im Jahr 2017 der größte Energieverbraucher des Landes, auf den 80 Mio. Tonnen Öläquivalent (Mtoe – eine Energieeinheit, die der Menge freigesetzter Energie bei Verbrennung einer Tonne Rohöl entspricht) entfielen (IEA, 2020<sup>[3]</sup>). Fossile Brennstoffe dominieren in dem von der Industrie genutzten Energiemix mit einem Anteil von 29 % (Erdgas) beziehungsweise 28 % (Öl). Die chemische und petrochemische Industrie macht den größten Anteil des industriellen Energieverbrauchs aus; die Stahlindustrie und die mineralverarbeitende Industrie sind weitere bedeutende Verbraucher.

Die Dekarbonisierung der deutschen Industriezweige – und der Gesellschaft als Ganzes – erfordert eine beschleunigte Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien. Viele dieser Technologien sind bereits

vorhanden, befinden sich jedoch in der Frühphase der technologischen Marktreife. Wie die IEA vermerkt, ist die Einbindung dieser Technologien in die Industrie ein Schlüsselfaktor für das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele in Deutschland (IEA, 2020<sup>[3]</sup>). Die Problematik für die deutsche Industrie besteht also weniger darin, was die Technologie leisten kann, sondern wie schnell sie es leisten kann. Nachfrageseitige Instrumente (wie beispielsweise CO<sub>2</sub>-Steuern sowie Regulierung und Normierung) sind ein wesentlicher Faktor, um die kommerzielle Anziehungskraft von Technologien, die bislang unterentwickelt oder unerschwinglich sind, zu steigern. Die Anwendung von CO<sub>2</sub>-Abscheidungstechnologie in einer Industrieanlage erfordert beispielsweise eine maßgeschneiderte Nachrüstung, die u. U. nicht wirtschaftlich tragfähig ist, wenn die Kosten der fortgesetzten Luftverschmutzung nicht in die Gesamtrechnung des Unternehmens eingepreist werden.

Im November 2021 lancierte die IEA den „ETP Clean Energy Technology Guide“ (ETP-Leitfaden für saubere Energietechnologie). Dabei handelt es sich um ein interaktives Portal, das Informationen über mehr als 400 einzelne technologische Konzepte und Komponenten quer durch das gesamte Energiesystem bietet, die sämtlich für die Verwirklichung von Netto-Null-Emissionen eine Rolle spielen. Die ETP-Plattform hält eine Reihe von Informationen für jede dieser Technologien bereit. Sie erfassen den jeweiligen technologischen Reifegrad – von 1 (ursprüngliche Idee) bis 11 (ausgereift) –, die technologische Bedeutung für die Verwirklichung des Netto-Null-Ziels (mäßig, hoch oder sehr hoch) sowie Hintergrundinformationen zu den führenden Akteuren im jeweiligen Feld.

Die verschiedenen Technologien sind fünf Bereichen zugewiesen – Gebäude, Energietransformation, Verkehr, CO<sub>2</sub>-Infrastruktur und Industrie. Bezeichnenderweise wird Deutschland nur bei drei Technologien als „Schlüsselland“ aufgeführt. Dabei handelt es sich um eine Batterietechnologie, eine Technologie für die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus der Luft und eine Elektrolyseur-Technologie, die für die Erzeugung von industriellem Wasserstoff erforderlich ist (IEA, 2021<sup>[18]</sup>). Keine dieser Technologien ist über den Stand der vorkommerziellen Demonstration hinaus bis zur technologischen Reife gediehen. Demgegenüber sind die Vereinigten Staaten Schlüsselakteur bei 121 Technologien, das Vereinigte Königreich bei 38 und Schweden bei 29 Technologien.

Die Ergebnisse der ETP-Plattform veranschaulichen verschiedene Herausforderungen, die die deutsche Industrie und die Fähigkeit der Bundesregierung betreffen, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Erstens verharren etliche der für die Dekarbonisierung erforderlichen Technologien auf einem geringen Grad technologischer Reife und behindern dadurch die Dekarbonisierung der Industrie (sowie des Gebäude-, Verkehrs- und Energiesektors). Zweitens sind viele der Technologien, die für diesen Prozess von entscheidender Bedeutung sein können, keine proprietären Technologien von deutschen Firmen. Im Unterschied zur Integrationstiefe deutscher Industriezweige (wie beispielsweise Maschinenbau und Elektrobauteile) erscheint die in früheren Zeiten zentrale Position Deutschlands in den globalen Wertschöpfungsketten nicht so sicher zu sein.

#### 11.4. Nationale Strategien und politische Förderung der Nachhaltigkeitswende

Die Regierung ist bestrebt, die Entwicklung innovativer und produktiver Kompetenzen in einer Reihe von neu entstehenden Schlüsseltechnologien zu fördern, die von zentraler Bedeutung nicht nur für die künftige Wettbewerbsfähigkeit bestehender Branchen sind, sondern auch für die Entwicklungsmöglichkeiten neuer Industriezweige und Firmen (einschließlich des Dienstleistungsbereichs). Da der Verlust der Spitzenstellung innerhalb dieser Technologien ernsthafte Folgen für die deutsche Wettbewerbsfähigkeit und das sozioökonomische Wohlergehen haben kann, müssen die politischen Entscheidungsträger\*innen in Deutschland u. U. einen verstärkt systemischen – und manchmal auch lenkenden – Ansatz in der WTI-Politik verfolgen.

Die Regierung hat eine Reihe von Strategiepapieren zur Unterstützung und Förderung von entscheidenden Spitzentechnologien erstellt. Diese Strategien skizzieren Ansätze zur Innovationsförderung in



einer Reihe von Technologiebereichen (wie beispielsweise Wasserstoff und Quantencomputertechnik) sowie höher angesiedelte Leitlinien zur Steuerung dieser Technologien hin zur Verwirklichung von Transformationszielen wie beispielsweise der industriellen Dekarbonisierung und des ökologischen Umbaus der deutschen Wirtschaft. Diese technologischen Kapazitäten sind überdies für die Resilienz und die globalen Wertschöpfungsketten relevant, wie in Kapitel 15 ausgeführt.

Der folgende Abschnitt stellt drei Bereiche vor, in denen Innovation als Schlüsselfaktor für eine erfolgreiche Nachhaltigkeitswende fungiert: Energie, Wasserstofftechnologien und Batterietechnologien. Es handelt sich nicht um eine lückenlose Übersicht von Schlüsseltechnologien für die Nachhaltigkeitswende, sondern vielmehr um eine Gruppe ausgewählter Technologien, die für die industrielle Transformation des Landes essentiell sind. Weitere technologiespezifische Programme, die nicht unmittelbar mit der Nachhaltigkeitswende verbunden sind, werden ebenfalls in Kapitel 5 behandelt.

### **11.4.1. Energiesektor**

Die Bundesregierung verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz bei der Transformation des Energiesektors in Deutschland, der als Energiewende bezeichnet wird. Unter der Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) in Zusammenarbeit mit den Ländern stellt diese umfassende, multidisziplinäre Strategie die Rolle der Innovation bei der Umsetzung der Transformation im Energiesektor und in der Gesamtwirtschaft in den Vordergrund. Die Energiewende weist signifikante Schnittstellen zur WTI-Politik auf, weil die Entwicklung und Vermarktung von Technologien, die sowohl die Dekarbonisierung der deutschen Wirtschaft als auch die künftige Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Privatsektors im dekarbonisierten Umfeld unterstützen, von großer Bedeutung ist (Kuittinen und Velte, 2018<sup>[19]</sup>). Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert zudem ein umfangreiches Energieforschungsprogramm (derzeit in der siebten Auflage bei langer Laufzeit). Allerdings greift das BMWK auf eine größere Bandbreite von politischen Maßnahmen zurück, als sie gemeinhin den Entscheidungsträger\*innen im Bereich WTI zur Verfügung steht, so beispielsweise Vergabe, Investitionsförderung, Infrastrukturmaßnahmen, Energiemarktpolitik und weitere nachgelagerte Instrumente, die einem Forschungsministerium naturgemäß nicht zur Verfügung stehen.

Die Energiewende ist eine kollektive nationale Anstrengung zur Dekarbonisierung der Energieversorgung und -nutzung in Deutschland entsprechend den von Deutschland eingegangenen Verpflichtungen im Rahmen des Pariser Übereinkommens zum Klimaschutz und den periodischen Entwicklungen innerhalb der Konferenz der Vertragsparteien, sowie zur Stilllegung der atomaren Stromerzeugung. Die Gesetzesgrundlage für diese Strategie wurde im Jahr 2000 in Form des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) geschaffen und mit dem Energiekonzept von 2010 bekräftigt, das zur Energiewende ausführt: „Deutschland soll in Zukunft bei wettbewerbsfähigen Energiepreisen und hohem Wohlstandsniveau eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt werden. Ein hohes Maß an Versorgungssicherheit, ein wirksamer Klima- und Umweltschutz sowie eine wirtschaftlich tragfähige Energieversorgung sind zugleich zentrale Voraussetzungen, dass Deutschland auch langfristig ein wettbewerbsfähiger Industriestandort bleibt.“

Eine Folge von BMWK-finanzierten nationalen Energieprogrammen fließt mit in die Energiewende ein. Die Regierungen passen die Ziele regelmäßig an, ohne dabei notwendigerweise auf die Gesetzgebung zurückzugreifen, ein Verfahren, das von einer Einigung der Regierungsparteien abhängig ist. 2012 wurde die Denkfabrik „Agora Energiewende“ ins Leben gerufen. Es handelt sich um eine unabhängige, nicht gewinnorientierte Organisation, die aus einem Konglomerat öffentlicher und privater Quellen finanziert wird und die Regierung – bei zugleich bestehender regierungsseitiger Kontrolle – berät. Die Leitungsstrukturen für die Energiewende wurde unter dem BMWK (damals noch Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMW*i*]) im Jahr 2014 zentralisiert. Das Budget setzt sich aus Beiträgen verschiedener Bundesministerien sowie der Länder zusammen und ist in einem Maße undurchsichtig, dass es schwierig erscheint, eine verlässliche Gesamtsumme zu ermitteln (Kuittinen und Velte, 2018<sup>[19]</sup>). Die

Bundesregierung veröffentlicht jeweils im Dreijahresabstand einen Sachstandsbericht. Fortschritte beim Erreichen der Energieziele werden vom federführenden Ministerium – dem BMWK – zusammen mit einer Expertenkommission überwacht, die sich aus vier Professor\*innen der Fachgebiete Energietechnologie und Energiepolitik zusammensetzt; eine Berichterstattung erfolgt gegenüber dem Parlament und der Regierung.

Die Koordinierungsstruktur der Energiewende wurde 2014 vom BMWi (heute BMWK) geändert und stärker formalisiert. Dennoch könnte die auf mehrere Ebenen verlagerte Leitungsstruktur die Kohärenz der Transformationsbemühungen vermindern. So können beispielsweise Beschlüsse der Länder dem Gesamtkonzept der Initiative zuwiderlaufen. Wie in Kapitel 9 erörtert, hat der Krieg Russlands gegen die Ukraine dem Programm Deutschlands zur Energiediversifizierung eine neue Dringlichkeit und in der Folge den WTI-Beiträgen zur Ausweitung erneuerbarer Energien innerhalb der Gesamtenergieversorgung neue Bedeutung verliehen.

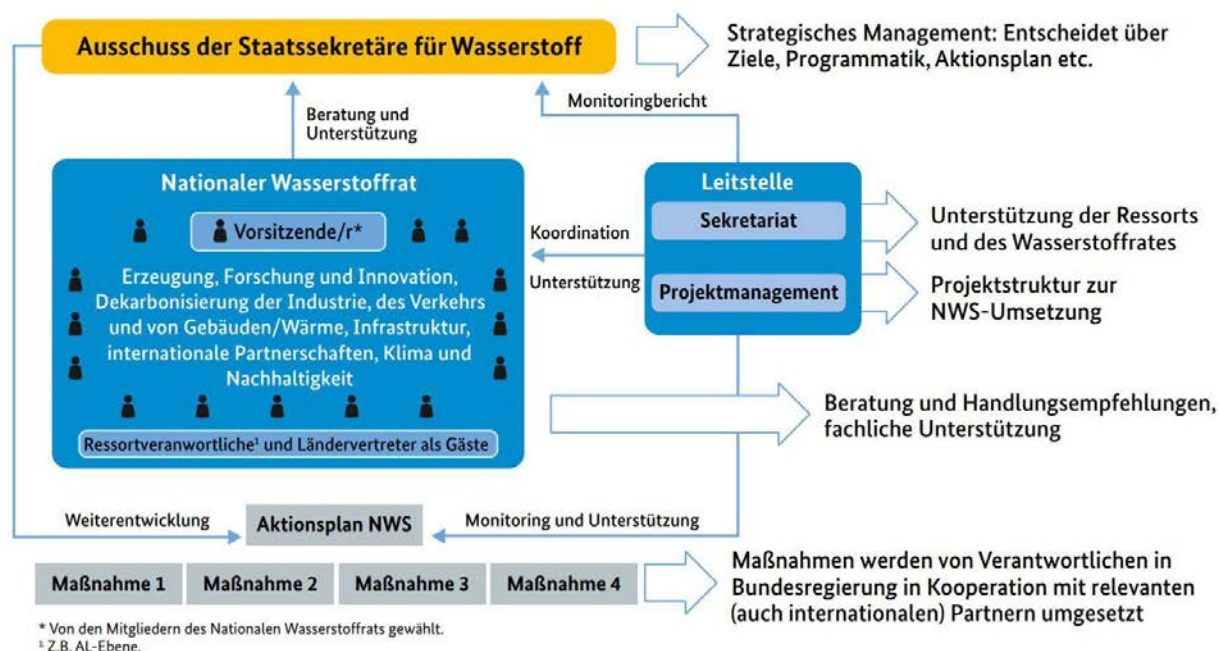
#### **11.4.2. Wasserstofftechnologien**

Das BMWK hat im Jahr 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie veröffentlicht (BMWK, 2020<sup>[20]</sup>). Diese ministeriumsübergreifende Strategie wird von einem Ausschuss von Staatssekretär\*innen geleitet. Die Strategie ist nicht mit einer Kostenaufstellung versehen, sondern wird innerhalb eines pauschalen Kostenrahmens in Höhe von 7 Mrd. EUR für die Einführung der Wasserstofftechnologie und weiteren 2 Mrd. EUR für die internationale Wasserstoff-Zusammenarbeit betrieben. Sie fußt auf beträchtlichen Investitionen in FuE von Wasserstofftechnologie, darunter 700 Mio. EUR für das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NIP) im Zeitraum 2006–2016, sowie eine Verpflichtung zur Aufwendung weiterer 1,4 Mrd. EUR für den Zeitraum 2016–2026. Parallel dazu sind umfangreiche Investitionen in Höhe von 510 Mio. EUR im Wege des Energieforschungsprogramms geplant, während weitere 600 Mio. EUR für Reallabore vorgesehen sind und mehrere Programme zudem die Entwicklung von Wasserstoffanwendungen in einer Reihe von Industriezweigen finanzieren.

In der Strategie wird vermerkt, dass viele technologische Aspekte der Wasserstoffwende einen hohen Reifegrad aufweisen und es daher angebracht ist, die Umsetzungsphase einzuleiten. Dieser Schritt beinhaltet 38 nationale Maßnahmen, so beispielweise die Ausarbeitung eines nationalen Fahrplans, die Schaffung und Regulierung von Märkten, neue Geschäftsmodelle für Elektrolysebetreiber, Finanzierung für die Entwicklung von Elektrolyseuren, Zusammenarbeit an Offshore-Windparks und Märkten im Ausland zur hinreichenden Stromgewinnung, Regulierung, Harmonisierung nationaler und internationaler Normen, Investitionszuschüsse für Nutzer zur Stimulierung der Nachfrage, ministeriumsübergreifende und internationale FuE-Initiativen, Entwicklung einer Wasserstoff-Tankinfrastruktur, Entwicklung der Brennstoffzellenindustrie, Förderung der Entwicklung von Industrieanwendungen, Sicherung von Verbindungen zur Infrastrukturentwicklung für die Erdgasverteilung, sowie Bildung und Fachkompetenz. Zu den internationalen Maßnahmen zählen die Zusammenarbeit bei der Entwicklung eines EU-Wasserstoff-Fahrplans (Hydrogen Roadmap Europe), die Zusammenarbeit im Bereich FuE, die Entwicklung von Standards und der Aufbau von internationalen Wasserstoffmärkten. Die Nationale Wasserstoffstrategie enthält einen Großteil der von der Fachliteratur als notwendig erachteten Bausteine für die Entwicklung eines neuen technologischen Innovationssystems (Bergek, Hekkert und Jacobsson, 2008<sup>[21]</sup>; Hekkert et al., 2007<sup>[22]</sup>).

Abbildung 11.8 zeigt die Lenkungsstrukturen der Strategie, an deren Spitze der Ausschuss der Staatssekretär\*innen für Wasserstoff (einer von mehreren Ausschüssen, die für eine Reihe von ministeriumsübergreifenden Politikzielen einberufen wurden) steht. Er legt die übergeordneten Ziele fest und verknüpft die Strategie (grundsätzlich) mit der Strategie für die Tätigkeit der Fachministerien. Der Ausschuss ernennt auch den Nationalen Wasserstoffrat, der halbjährlich zusammentritt, um die Strategie und ihren Fortschritt zu überprüfen. Zwei Ländervertreter\*innen nehmen als Gäste teil, um die Verbindung zu den diversen regionalen Wasserstoffaktivitäten zu gewährleisten, die parallel stattfinden. Eine Leitstelle ist für das Projektmanagement und die Überwachung der Umsetzung der Strategie zuständig.

Abbildung 11.8. Leitungsstrukturen der Nationalen Wasserstoffstrategie



Quelle: BMWi (2020<sub>[20]</sub>).

Die Strategie wird mithilfe einer regierungsinternen Plattform umgesetzt und über diese in die allgemeine Regierungspolitik eingebunden. Zwar übernimmt das BMWi in der Praxis die Federführung, doch gibt es keinen übergeordneten „Schiedsrichter“ oder „Verantwortlichen“ innerhalb der Regierung, und die reelle Umsetzungsgeschwindigkeit ist abhängig von den dezentral getroffenen Beschlüssen der einzelnen ausgabenbeteiligten Ministerien. Es gibt weder konkrete, messbare Ziele noch einen Zeitplan – der Fahrplan aus dem Jahr 2019 enthält einige grobe Zielsetzungen, die an eine ungefähre Zeitleiste geknüpft sind, diese sind allem Anschein nach jedoch nicht verbindlich. In der Strategie ist nicht von einer gesamtstrategischen Evaluierung die Rede. Dies ist ein Schwachpunkt innerhalb der deutschen Lenkungsstrukturen, bei denen einzelne Programme gewissenhaft evaluiert werden, es aber nicht üblich ist, eine das gesamte Portfolio erfassende Evaluierung und Betrachtung anzustellen, um systemische Entwicklung und Veränderung zu fördern. Die Bundesregierung sollte ein Evaluierungsmodell in Erwägung ziehen, das ein unabhängiges, systemisches und nicht an zuständige Ministerien gebundenes Feedback ermöglicht.

### 11.4.3. Batterietechnologien

Wie in Abschnitt 2 dieses Kapitels erörtert, sind Batterietechnologien für die Zukunft der Automobilindustrie unentbehrlich. Sie spielen eine zentrale Rolle für die Fähigkeiten des Sektors, zu dekarbonisieren und der wachsenden Nachfrage von Verbraucher\*innen nach leistungsfähigeren Batterien in ihren Elektrofahrzeugen nachzukommen.

Das BMBF finanziert mehrere Programme, mit denen die Entwicklung von Batterietechnologien gefördert wird und deren Schwerpunkt darin liegt, die neuesten Batteriesysteme (beispielsweise Lithium-Ionen-Batterien) und in einem früheren Stadium der technischen Reife befindlichen Systeme schrittweise auszubauen. Bereits im Jahr 2014 veröffentlichte das BMBF eine Ausschreibung für Forschungsprojekte im Bereich Batterietechnologien mittels des Programms „Batteriematerialien für zukünftige elektromobile und stationäre Anwendungen – Batterie 2020“. Die zweite Ausschreibungsrunde folgte im Februar 2016, gefolgt von einem dritten im Oktober 2017. Mit dem Programm wurden 44 Forschungsprojekte finanziert (KLiB, 2020<sub>[23]</sub>).

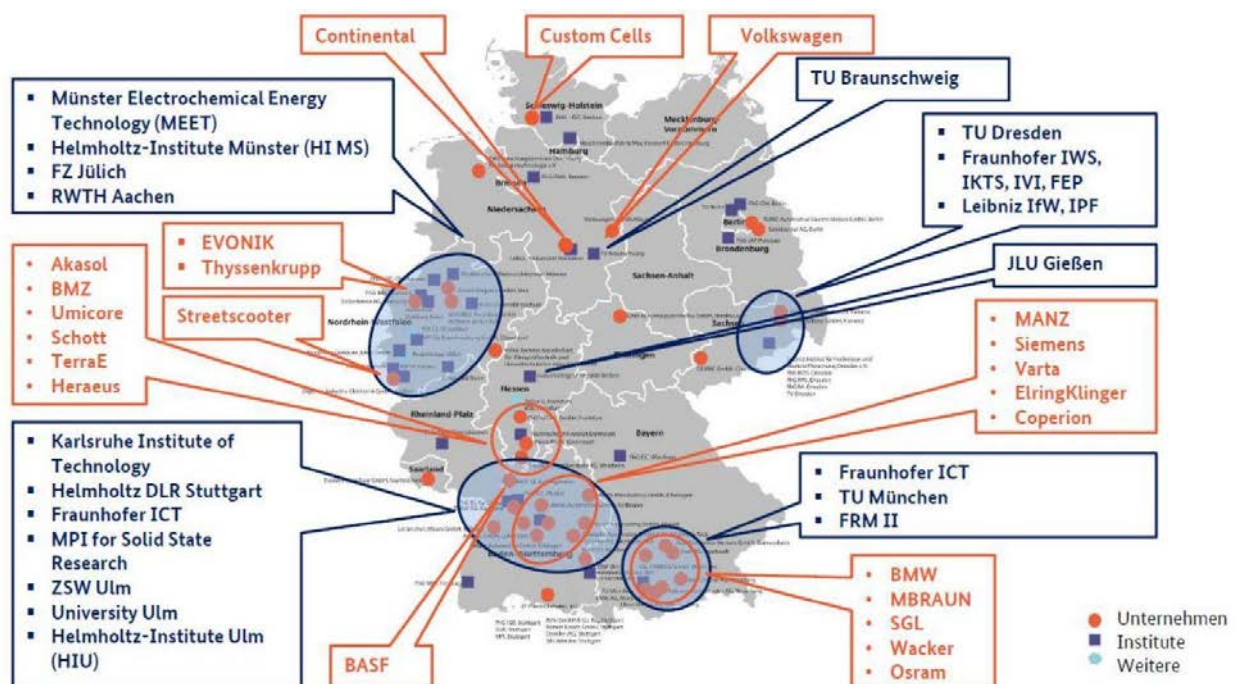
Das BMBF hat im Jahr 2007 das Förderprogramm „Lithium-Ionen-Batterien (LIB 2015)“ mit dem Ziel aufgelegt, eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien zu entwickeln, die zu geringeren oder null CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen. Seither hat das BMBF rund 600 Mio. EUR (rund 60 Mio. EUR pro Jahr) für FuE im Batteriebereich bereitgestellt, um ein breiteres Batteriefeld zu schaffen und Wissen über die gesamte Länge der Batterie-Wertschöpfungskette anzusammeln, von der Materialforschung bis hin zu Batterieanwendungen.

Um herausragende Forschung im industriellen Maßstab verwertbar zu machen, beschloss das BMBF im Jahr 2018, seine Batteriefinanzierung neu auszurichten, indem vergangene und noch andauernde Förderinitiativen und -programme unter dem Schirm des „Dachkonzepts“ zusammengeführt wurden (BMBF, 2019<sup>[24]</sup>). Die Ziele dieses „Dachkonzepts Forschungsfabrik Batterien“ sind die Förderung der Batterieforschung, der Aufbau von Produktionskapazitäten für Batteriezellen in Deutschland und ein wirkungsvoller Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung. Das Programm wird weiterentwickelt und die Förderung durch das BMBF wird ausgeweitet. Ein Baustein des Dachkonzepts ist die Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfabrik Batterie (FFB), die derzeit in Münster errichtet und mit 500 Mio. EUR gefördert wird.

Das Dachkonzept vereint die folgenden Maßnahmen unter aufgabenbezogenen und thematischen Aspekten (BMBF, 2020<sup>[25]</sup>):

- Fertigungsmodule: Materialentwicklung und -charakterisierung; technologische Entwicklung und Digitalisierung von Zellen und Verfahren; Batteriezellenproduktion und Automatisierung
- Querschnittsaufgaben: Analytik und Qualitätskontrolle; Batterielebensdauer
- Begleitmaßnahmen im Hinblick auf Forschung und Netzwerke: internationale Aktivitäten; Nachwuchsforscherprogramm; Forschungsprogramm „Batterie 2020“; Industrieinitiativen

**Abbildung 11.9. Wichtige Akteure innerhalb des deutschen Dachkonzepts Forschungsfabrik Batterien**



Quelle: BMBF (2019<sup>[24]</sup>), „Batterieforschung und Transfer stärken – Innovationen beschleunigen: Dachkonzept ‚Forschungsfabrik Batterie‘“, [https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/bmbf\\_dachkonzept\\_forschungsfabrik\\_batterie\\_handout\\_jan2019.pdf?blob=publicationFile&v=1](https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/bmbf_dachkonzept_forschungsfabrik_batterie_handout_jan2019.pdf?blob=publicationFile&v=1) (Abruf: 12. Mai 2022).

Sämtliche Teile des Dachkonzepts (Abbildung 11.9) wirken zusammen, um die Forschungsergebnisse auf die nächste Stufe der Wertschöpfungskette zu heben. Das Konzept soll dazu dienen, Synergien mit dem europäischen Grünen Deal und den vom BMWK kofinanzierten wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI) im Bereich Batterien zu bilden.

Anders als das BMBF befasst sich das BMWK bei seiner Förderung und Unterstützung vorrangig mit dem Aufbau einer wettbewerbsfähigen, groß angelegten Batteriezellenfertigung mit dem Ziel, eine konkurrenzfähige, innovative und nachhaltige Batteriewertschöpfungskette in Deutschland und Europa zu etablieren. Das BMWK wendet Fördermittel in Höhe von rund 3 Mrd. EUR für zwei IPCEI-Projekte auf (BMBF, 2020<sup>[25]</sup>).

Neben dem BMBF und dem BMWK unterstützen auch andere Ministerien und Behörden in Deutschland (beispielsweise das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und das dazugehörige Umweltbundesamt (UBA)) sowie regionale Förderagenturen (beispielsweise emobilBW) aktiv die Forschung und Innovation in der gesamten Batteriewertschöpfungskette.

Auf europäischer Ebene werden die Aktivitäten unter dem Schirm der Europäischen Batterie-Allianz gebündelt und von Batteries Europe unter der Ägide der Europäischen Technologie- und Innovationsplattform koordiniert. Batteries Europe hat Ende des Jahres 2020 die „Batteries Europe Strategic Research Agenda“ veröffentlicht (Batteries Europe, 2020<sup>[26]</sup>). Sämtliche 27 EU-Mitgliedstaaten sind in diesen Netzwerken vertreten und wirken mit, um die von den nationalen Regierungen und Ministerien formulierten Ziele zu unterstützen.

Die im Laufe des vergangenen Jahrzehnts initiierten Förder- und Unterstützungsmaßnahmen haben dazu beigetragen, ein deutsches Forschungsumfeld und ein industrielles Netzwerk aufzubauen. Was die Forschungstätigkeit anbelangt, ist der Anteil deutscher Publikationen zum Thema Batterien von unter 5 % auf weit über 5 % angestiegen (Thielmann et al., 2018<sup>[27]</sup>). Der Anteil deutscher Patentanmeldungen liegt stabil bei über 10 %, obwohl dieses höchst wettbewerbsintensive Feld durch altbewährte wie auch durch neue Marktteilnehmer dynamisch expandiert (ebd.).

Die Batterieproduktion ist das fehlende Glied und eine bereits als solche erkannte Lücke sowohl in Deutschland als auch in Europa. Bis zum Jahr 2020 verfügte Deutschland noch nicht über einen signifikanten Anteil an Produktionskapazitäten für Batteriezellen im Vergleich zu den weltweit errichteten Anlagen mit einer Gesamtleistung von mehr als 400 Gigawattstunden (GWh). Für das kommende Jahrzehnt (d. h. bis 2030+) sind Produktionskapazitäten für Batteriezellen von 400 bis 800 GWh in Deutschland und von 800 bis 1 800 GWh in Europa angekündigt worden. Gegenüber den avisierten weltweiten Produktionssteigerungen von 4 Terawattstunden (TWh) auf fast 8 TWh würden sich demnach 10 % der weltweiten Produktionskapazitäten für Batteriezellen in Deutschland und 20 % oder mehr in Europa befinden (VDMA, 2018<sup>[28]</sup>).

Die Nachfrage der deutschen Originalgerätehersteller (OEM) nach Batteriezellen hat sich im vergangenen Jahrzehnt von 0 % auf mehr als 5 % erhöht und soll den Erwartungen zufolge bis 2030 auf 10 % ansteigen (Thielmann et al., 2018<sup>[27]</sup>). Sollten die angekündigten Produktionskapazitäten innerhalb dieses Zeitrahmens realisiert werden, würde im kommenden Jahrzehnt eine europäische Batteriewertschöpfungskette entstehen. Diese Wertschöpfungskette wird nicht nur aus europäischen, sondern auch aus asiatischen und anderen globalen Marktteilnehmern bestehen, da mindestens die Hälfte der europäischen Produktionskapazitäten für Batteriezellen von chinesischen, koreanischen und japanischen Unternehmen errichtet wird.

## **Sonstige relevante Förderbereiche**

Der ökologische Wandel fußt auf einer Reihe von innovationspolitischen Maßnahmen:

- Ein Erfolg bei der Nachhaltigkeitswende und dem digitalen Wandel setzt Fortschritte im Bereich radikaler und bahnbrechender Technologien voraus; schrittweise Verbesserungen bei bestehenden Technologien genügen dagegen nicht. Die Innovationsförderung bedingt einen neuartigen Ansatz, der größere Interdisziplinarität, umfangreichere Datennutzung und größere Experimentierbereitschaft in der politischen Gestaltung und Regelung ermöglicht und fördert. Wie in Kapitel 15 zur Reaktionsfreudigkeit der Politik ausgeführt, kann die Bundesregierung in dieser Hinsicht wesentlich mehr leisten. Die Einrichtung der Bundesagentur für Sprunginnovationen, auch unter dem Kürzel „SPRIND“ bekannt, ist ein wichtiger Schritt hin zu einer Ausweitung der politischen und institutionellen Förderung bahnbrechender Innovationen. Wie im Zusammenhang mit Empfehlung 3 erörtert, sind diese Bemühungen jedoch noch stark ausbaufähig (siehe Kapitel 15).
- Ein Kapazitätsgefälle zwischen den diversen Wirtschaftsakteuren kann die Verbreitung von Technologien hemmen. Die unzureichende Koordinierung – zwischen dem öffentlichen und privaten Sektor, aber auch innerhalb dieser Sektoren – ist eine weitere wichtige Herausforderung für politische Entscheidungsträger\*innen. Die Koordinationsherausforderungen bei der Transformation des Automobilsektors sind ein treffendes Beispiel (siehe Abschnitt 2 dieses Kapitels). Wie in Kapitel 13 zum Wissenstransfer und in der dortigen Empfehlung 5 zur Verbesserung von Transfer und Kooperation im multidisziplinären Bereich erörtert, setzt die Bewältigung dieser Herausforderungen eine wirkungsvollere Verbreitung neuer Technologien und neuen Wissens voraus, insbesondere in interdisziplinären Arbeitsfeldern.
- Der unzureichende Ausbau der Infrastruktur ist ein weiterer Bereich, in dem politische Unterstützung von entscheidender Bedeutung ist. Die Umsetzung des ökologischen Wandels bedeutet auch die Entwicklung einer verlässlichen Infrastruktur, die es der Industrie und den Verbraucher\*innen ermöglicht, dieselbe Stoßrichtung zu verfolgen. Der Automobilsektor ist auch hier ein sprechendes Beispiel, da bei einem wachsenden Anteil von Elektrofahrzeugen der Absatz weitgehend vom Vorhandensein der kritischen Infrastruktur wie beispielsweise Ladestationen abhängt. Der öffentliche Sektor spielt daher eine wichtige Rolle, da er in Infrastrukturbereiche investieren – oder private Investitionen in diesen Bereichen fördern – kann, die umweltfreundlichere Ansätze attraktiver und tragfähiger machen.
- Maßnahmen, die nachfrageseitige Anreize für „grüne“ statt für „braune“ Produkte und Technologieansätze setzen, spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Nachfrageseitige Interventionen können in Form von Steuern (beispielsweise CO<sub>2</sub>-Steuern) oder als regulatorische Eingriffe erfolgen, die beispielsweise die Nutzung bestimmter kohlenstoffarmer Heiztechnologien im Bauwesen vorschreiben; eine ähnliche Logik gilt bei der für Elektrofahrzeuge erforderlichen Infrastruktur, sofern etwa Neuentwicklungen zur Bereitstellung von Ladebuchsen benötigt werden. Beispielsweise dürfte die Einführung von CO<sub>2</sub>-Steuern und die schrittweise Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises Energie aus erneuerbaren Quellen attraktiver machen als fossile Brennstoffe und damit letztlich auch die Nachfrage von Endnutzern nach derartigen Lösungen erhöhen. In ähnlicher Weise können auch Steuervergünstigungen beim Erwerb eines Elektrofahrzeugs statt eines PKWs mit Verbrennungsmotor mehr Menschen dazu bewegen, auf Elektromobilität umzusteigen. Dadurch werden die Nachfrage und folglich auch die Technologieinvestitionen erhöht, die gebraucht werden, um die Kosten der betreffenden Technologien zu senken. Ein wichtiges Instrument in dieser Hinsicht ist die öffentliche Auftragsvergabe.

## 11.5. Öffentliche Auftragsvergabe zur Förderung der Innovation

Die öffentliche Auftragsvergabe kann ein starker Motor der Innovationsbeschleunigung zugunsten von Transformationszielen wie wirtschaftlicher Nachhaltigkeit und Digitalisierung sein. Dies trifft im Besonderen auf die vorkommerzielle Beschaffung zu, bei der die öffentliche Hand statt konkreter technischer Lösungen Forschungsleistungen zu speziellen wissenschaftlichen Fragestellungen „einkauft“ und damit der Forschung im öffentlichen oder privaten Sektor eine zusätzliche Ausrichtung verleiht. Ein Beispiel für diese Vorgehensweise könnte etwa eine deutsche Beschaffungsagentur sein, die eine Ausschreibung für die besten Lösungen zur Dekarbonisierung der Bahninfrastruktur veröffentlicht, statt eine konkrete technische Lösung (wie beispielsweise Kohlenstoffabscheidung) zu beschaffen. Solcherart kann die öffentliche Auftragsvergabe als ein starker nachfrageseitiger Antriebsfaktor für innovative Lösungen wirken, der die mit einer Investition in neue Forschungsbereiche einhergehenden Risiken mindert und langfristig neue Märkte für Produkte oder Dienstleistungen schafft, die übergeordneten Zielen förderlich sind. Eine erweiterte Nutzung der öffentlichen Auftragsvergabe lässt sich durch folgende Maßnahmen erreichen: Einführung verbindlicher öffentlicher Vergabekriterien oder -ziele in den nationalen sektorspezifischen Rechtsvorschriften (obwohl dies zu Koordinationsproblemen im Zusammenhang mit der Fragmentierung der verschiedenen Verwaltungsebenen führen kann), Einrichtung einer Beobachtungsstelle oder Bibliothek für verschiedene Produkte und Dienstleistungen mit einem „Nachhaltigkeitsschwerpunkt“, verbindliche jährliche Berichterstattung über die Umweltaspekte der öffentlichen Auftragsvergabe, die zugleich Transparenz und Datenerhebung verbessern würde, Schulungen zur öffentlichen Auftragsvergabe im Nachhaltigkeitsbereich für öffentliche Auftraggeber und den Privatsektor sowie Einbindung von Umweltschutzbehörden und -agenturen in die Umsetzung der öffentlichen Auftragsvergabe (Europäische Kommission, 2021<sup>[5]</sup>).

Deutschland ist eines der ersten europäischen Länder, das den Rahmen seiner öffentlichen Auftragsvergabe einer Prüfung und Überarbeitung unterzieht, um die Auftragsvergabe in den Bereichen Innovation und FuE-Leistungen zu verbessern. Eine Neuregelung wurde mit dem Vergaberechtsänderungsgesetz von 2009 verabschiedet. Im Jahr 2011 lancierte ZENIT, die als öffentlich-private Partnerschaft gestaltete Innovations- und Europaagentur des Landes Nordrhein-Westfalen, Programme für innovative Beschaffung auf Bundes- und Länderebene. Im Jahr 2013 eröffnete das BMWK (damals noch BMWi) das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO), um den Kapazitätsaufbau zu fördern und Informationen, Beratung und bewährte Praxis zu vermitteln.

Trotz alledem bleibt die öffentliche Auftragsvergabe für Innovationen in Deutschland hinter den Erwartungen zurück. Deutschland investiert mit derselben Intensität (10 %) in die innovative Beschaffung wie der EU-Durchschnitt (9,37 %) (Europäische Kommission, 2021<sup>[29]</sup>). Allgemein betrachtet lässt sich das Land der Gruppe der mäßig erfolgreichen Anwender innovativer Beschaffung zuordnen, sowohl unter dem Aspekt der politischen Rahmenbedingungen als auch der Investitionen. Seine Werte in der FuE-Beschaffung (0,68 %) fallen sogar noch geringer aus und sind vom EU-Richtwert (3 %) weit entfernt. Die öffentliche Auftragsvergabe für Innovationen sieht sich in Deutschland bei der Inanspruchnahme immer noch erheblichen Hürden gegenüber. Hierzu zählen eine ausgeprägte Risikoaversion (vor allem, wenn Lösungen entwickelt und kofinanziert werden müssen) und Widerstand gegenüber Veränderungen bei den Behörden, Schwierigkeiten im Umgang mit externen Akteuren (beispielsweise für Marktkonsultation und wettbewerblichen Dialog), Budgeteinschränkungen und Schwierigkeiten bei der Umsetzung und Handhabung der vorkommerziellen Beschaffung (beispielsweise Aufruf zum Wettbewerb) (OECD, 2017<sup>[4]</sup>). Eine der größeren Herausforderungen ist die Weiterbildung des umfangreichen Beschaffungspersonals, um die Beschaffungsagenturen in die Lage zu versetzen, zunehmend komplexe Kriterien, beispielsweise in der strategischen Beschaffung, anzuwenden (so etwa bei der umweltorientierten und der innovativen Beschaffung).

Dennoch ist das Potenzial für eine erweiterte Nutzung der öffentlichen Märkte zugunsten der Innovation beträchtlich, wie sich anhand der Wirkung der innovativen Beschaffung als treibender Faktor der Unternehmensinnovation und Unternehmensleistung sowie der Privatinvestitionen belegen lässt. Den Schätzungen einer Studie aus dem Jahr 2016 zufolge könnte die innovative Beschaffung für rd. 12–15 % der öffentlichen Auftragsvergabe in Deutschland in Betracht kommen und damit einem Volumen von rd. 40–50 Mrd. EUR entsprechen (Eßig und Schaupp, 2016<sup>[30]</sup>).

Deutschland hat keine Zielwerte im Hinblick auf den Anteil der innovativen Beschaffung oder der FuE-bezogenen Beschaffung. Andere EU-Mitgliedstaaten haben hier bereits gehandelt und sich quantitative Sollvorgaben gesetzt. Hierzu zählen Finnland (5 %-Ziel für die innovative öffentliche Auftragsvergabe), Frankreich (2 % der Beschaffung für innovative KMU), die Niederlande (2,5 % der Beschaffung für Innovationen) und Spanien (3 % der Neuinvestitionen für die innovative Beschaffung) (OECD, 2017<sup>[4]</sup>). Im Jahr 2021 hat die litauische Regierung als Teil des Nationalen Fortschrittsplans für 2021–2030 ebenfalls ihr Ziel für den Anteil von Innovationen an der gesamten öffentlichen Auftragsvergabe erhöht (OECD, 2021<sup>[31]</sup>). Die öffentlichen Auftraggeber dazu zu veranlassen, eine strategische Einstellung zur innovativen Beschaffung einzunehmen, ist ebenso unerlässlich wie die Zusammenarbeit mit einer Vielzahl von Akteuren im Bereich des öffentlichen Bedarfs.



## Literaturverzeichnis

- Amoroso, S. et al. (2021), *World corporate top R&D investors: paving the way to carbon neutrality*, gemeinsamer Bericht des JRC und der OECD, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2760/49552>. [10]
- Angelucci, S., J. Hurtado-Albir und A. Volpe (2018), „Supporting global initiatives on climate change: The EPO’s „Y02-Y04S“ tagging scheme“, *World Patent Information*, Vol. 54, Supplement, S. S85–S92, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wpi.2017.04.006>. [9]
- Batteries Europe (2020), *Strategic Research Agenda for batteries*, European Technology and Innovation Platform on Batteries, [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/batteries\\_europe\\_strategic\\_research\\_agenda\\_december\\_2020\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/batteries_europe_strategic_research_agenda_december_2020_1.pdf). [26]
- Belenzon, S. und C. Cioaca (2021), „Guaranteed Markets ad Corporate Scientific Research“, *NBER Working Papers*, No. 28633, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.3386/w28644>. [6]
- Bergek, A., M. Hekkert und S. Jacobsson (2008), „Functions in innovation systems: A framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers“, *RIDE/IMIT Working Paper*, No. 84426-008, Chalmers. [21]
- BMBF (2020), *Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Batteriematerialien für zukünftige elektromobile, stationäre und weitere industrierelevante Anwendungen (Batterie 2020 Transfer)“ im Rahmen des Dachkonzepts „Forschungsfabrik Batterie“*, Bekanntmachung, 2. September, BMBF, Berlin, [https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2020/09/3130\\_bekanntmachung.html](https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2020/09/3130_bekanntmachung.html). [25]
- BMBF (2019), „Batterieforschung und Transfer stärken – Innovationen beschleunigen: Dachkonzept ‚Forschungsfabrik Batterie‘“, Handout, BMBF, Berlin, [https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/bmbf\\_dachkonzept\\_forschungsfabrik\\_batterie\\_handout\\_jan2019.pdf?blob=publicationFile&v=1](https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/bmbf_dachkonzept_forschungsfabrik_batterie_handout_jan2019.pdf?blob=publicationFile&v=1). [24]
- BMWi (2020), *Die Nationale Wasserstoffstrategie*, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf>. [20]
- Bundesregierung (2021), „Klimaschutzgesetz 2021 – Generationenvertrag für das Klima“, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>. [1]
- Dechezleprêtre, A. et al. (erscheint demnächst), *The automotive sector and its industrial ecosystem: Impact of the green and digital transitions*, OECD Publishing, Paris. [17]
- Eßig, M. und M. Schaupp (2016), *Ermittlung des innovationsrelevanten Beschaffungsvolumens des öffentlichen Sektors als Grundlage für eine innovative öffentliche Beschaffung*, KOINNO, Berlin, und FoRMöB, Neubiberg, [https://www.koinno-bmwi.de/fileadmin/user\\_upload/publikationen/Ermittlung\\_des\\_innovationsrelevanten\\_Beschaffungsvolumens\\_des\\_oeffentlich...\\_3\\_.pdf](https://www.koinno-bmwi.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Ermittlung_des_innovationsrelevanten_Beschaffungsvolumens_des_oeffentlich..._3_.pdf). [30]

- Europäische Kommission (2021), *The strategic use of public procurement for innovation in the digital economy: Final Report*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2759/936544>. [29]
- Europäische Kommission (2021), *Umsetzung und bewährte Verfahren in der nationalen Beschaffungspolitik im Binnenmarkt*, COM(2021) 245 final, Europäische Kommission, Brüssel, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52021DC0245>. [5]
- Europäische Kommission (o. J.), „Pre-Commercial Procurement“, Europäische Kommission, Brüssel, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/pre-commercial-procurement>. [7]
- Gregori, G. et al. (2020), *Innovation in batteries and electricity storage*, IEA, Paris, und EPA, München, <https://www.iea.org/reports/innovation-in-batteries-and-electricity-storage>. [16]
- Hekkert, M. et al. (2007), „Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change“, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74/4, S. 413–432, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>. [22]
- IEA (2021), „ETP Clean Energy Technology Guide“, 4. November, IEA, Paris, <https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide>. [18]
- IEA (2020), *Germany 2020 Energy Policy Review*, Energy Policy Reviews, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/cedb9b0a-en>. [3]
- KLiB (2020), „Batterie 2020“, Startseite der BMBF-Förderinitiative Batterie 2020, Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien e. V., Berlin, <https://batterie-2020.de>. [23]
- Kuittinen, H. und D. Velte (2018), „Case Study Report: Energiewende (Germany)“, Mission-oriented R&I policies: in-depth case studies, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2777/835267>. [19]
- Millot, V. (2009), „Trademarks as an Indicator of Product and Marketing Innovations“, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2009/6, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/224428874418>. [8]
- OECD (2021), „Improving the Effectiveness of Lithuania’s Innovation Policy“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 123, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/a8fec2ee-en>. [31]
- OECD (2021), *Policies for a Carbon-Neutral Industry in the Netherlands*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/6813bf38-en>. [13]
- OECD (2017), *Public Procurement for Innovation: Good Practices and Strategies*, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264265820-en>. [4]
- OECD (o. J.), „OECD Science, Technology and Innovation Scoreboard“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>. [12]
- OECD (o. J.), „Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC)“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00508-en>. [11]

- Paunov, C. und S. Planes-Satorra (2019), „How are digital technologies changing innovation?: Evidence from agriculture, the automotive industry and retail“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 74, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/67bbcafe-en>. [14]
- SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP (2021), *Mehr Fortschritt wagen: Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit – Koalitionsvertrag 2021–2025*, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf>. [2]
- Strategy& (2021), „Digital Auto Report 2021“, PwC Strategy& (Germany) GmbH, Düsseldorf, <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/automotive/digital-auto-report-2021.html>. [15]
- Thielmann, A. et al. (2018), *Energiespeicher-Monitoring 2018 – Leitmarkt- und Leitanbieterstudie: Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität*, Fraunhofer-Institute für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energiespeicher-Monitoring\\_2018.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/Energiespeicher-Monitoring_2018.pdf). [27]
- VDMA (Hrsg.) (2018), *Roadmap Batterieproduktionsmittel 2030 – Update 2018*, VDMA Batterieproduktion, Frankfurt a. M., [https://www.vdma.org/c/document\\_library/get\\_file?uuid=e125aa6c-81b1-d755-c9bdb1fd7f23ef92&](https://www.vdma.org/c/document_library/get_file?uuid=e125aa6c-81b1-d755-c9bdb1fd7f23ef92&). [28]

## Anmerkungen

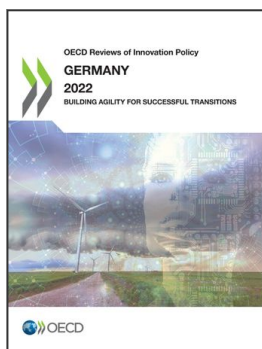
<sup>1</sup> Ein Verzeichnis der von der DARPA ausgelobten offenen Ausschreibungen kann unter folgendem Link eingesehen werden: <https://www.darpa.mil/work-with-us/opportunities>.

<sup>2</sup>Ausschreibungen für die vorkommerzielle Beschaffung sind unter der folgenden Adresse zu finden: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/related-content?topic=61>.

<sup>3</sup> Der RTA wird definiert als der Anteil von Patenten eines Landes in einem bestimmten Technologiebereich, geteilt durch den Anteil des betreffenden Landes an sämtlichen Patentgebieten. Der Index ist gleich null, wenn ein Land über keine Patente im jeweiligen Sektor verfügt; er beträgt 1, wenn der Anteil des Landes in dem betreffenden Sektor seinem Anteil in allen anderen Bereichen entspricht (keine Spezialisierung), und er liegt über 1, wenn sich eine positive Spezialisierung beobachten lässt. Die Daten wurden der OECD-Patentdatenbank entnommen.

<sup>4</sup> Im Jahr 2018 gab Japan 2 339 internationale Patentanmeldungen für 2 339 Erfindungen im Batteriebereich bekannt, fast zweimal so viel wie das auf dem zweiten Platz rangierende Südkorea (1 230). China landete auf dem vierten Platz in der Rangliste der eingereichten Patente, gefolgt von den Vereinigten Staaten auf Rang 5 (Gregori et al., 2020<sup>[16]</sup>).





**From:**  
**OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022**  
Building Agility for Successful Transitions

**Access the complete publication at:**

<https://doi.org/10.1787/50b32331-en>

**Please cite this chapter as:**

OECD (2022), "Innovation im deutschen Unternehmenssektor für die ökologische Transformation: Leistung, Herausforderungen und Chancen", in *OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022: Building Agility for Successful Transitions*, OECD Publishing, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/55d1a4a0-de>

Das vorliegende Dokument wird unter der Verantwortung des Generalsekretärs der OECD veröffentlicht. Die darin zum Ausdruck gebrachten Meinungen und Argumente spiegeln nicht zwangsläufig die offizielle Einstellung der OECD-Mitgliedstaaten wider.

This document, as well as any data and map included herein, are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. Extracts from publications may be subject to additional disclaimers, which are set out in the complete version of the publication, available at the link provided.

The use of this work, whether digital or print, is governed by the Terms and Conditions to be found at <http://www.oecd.org/termsandconditions>.