

OECD-Berichte zur Innovationspolitik

DEUTSCHLAND

2022

AGILE ANSÄTZE FÜR ERFOLGREICHE
TRANSFORMATIONEN



OECD-Berichte zur Innovationspolitik: Deutschland 2022

AGILE ANSÄTZE FÜR ERFOLGREICHE
TRANSFORMATIONEN

Dieses Dokument sowie die darin enthaltenen Daten und Karten berühren weder den völkerrechtlichen Status von Territorien noch die Souveränität über Territorien, den Verlauf internationaler Grenzen und Grenzlinien sowie den Namen von Territorien, Städten oder Gebieten.

Die statistischen Daten für Israel wurden von den zuständigen israelischen Stellen bereitgestellt, die für sie verantwortlich zeichnen. Die Verwendung dieser Daten durch die OECD erfolgt unbeschadet des völkerrechtlichen Status der Golanhöhen, von Ost-Jerusalem und der israelischen Siedlungen im Westjordanland.

Bitte zitieren Sie diese Publikation wie folgt:

OECD (2022), *OECD-Berichte zur Innovationspolitik: Deutschland 2022: Agile Ansätze für erfolgreiche Transformationen*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9d21d68b-de>.

ISBN 978-92-64-85520-5 (Print)
ISBN 978-92-64-38303-6 (PDF)
ISBN 978-92-64-98615-2 (HTML)
ISBN 978-92-64-88453-3 (epub)

Originaltitel: *OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022: Building Agility for Successful Transitions*, OECD Reviews of Innovation Policy, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/50b32331-en>.

Übersetzung des Vorworts, des Danks, der Zusammenfassung sowie der Kapitel 1, 5 und 14-16 durch den Deutschen Übersetzungsdienst der OECD; Übersetzung der Kapitel 2-4 sowie 6-13 durch den Sprachendienst des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.

Foto(s): Cover © Minerva studio/Shutterstock.com and Max Pixel/Creative Commons Zero - CCO

Korrigenda zu Veröffentlichungen sind verfügbar unter: www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm.

© OECD 2022

Die Verwendung dieser Arbeiten, sei es in digitaler oder gedruckter Form, unterliegt den Nutzungsbedingungen unter: <https://www.oecd.org/termsandconditions>.

Vorwort

Der OECD-Bericht zur Innovationspolitik in Deutschland ist in der Reihe der OECD-Länderberichte zur Innovationspolitik die 33. Studie und gleichzeitig die erste, die sich Deutschland widmet. Sie wurde auf Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (heute das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz – BMWK) erstellt.

Die Coronapandemie und der Krieg in der Ukraine haben Schwachstellen in Deutschlands Wirtschaftsmodell aufgezeigt: zu wenig diversifizierte Energieversorgung, zu starke Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, zu langsame Digitalisierung und störanfällige Lieferketten. Die digitalen Technologien können im Verarbeitenden Gewerbe, in dem Deutschland seit Jahrzehnten eine führende Stellung einnimmt, zu erheblichen disruptiven Veränderungen führen und die künftige Wettbewerbsfähigkeit gefährden. Darüber hinaus verlangt die ökologische Transformation der Industrie große Anpassungsmaßnahmen ab. Deutschland kann auf eines der fortschrittlichsten Innovationssysteme der Welt zurückgreifen, um diese Herausforderungen zu bewältigen, im Bereich der WTI-Politik ist jedoch ein agilerer Ansatz mit mehr Experimentierfreude erforderlich. Der Bericht beschreibt, wie ein solcher Ansatz entwickelt werden kann und worauf sich die WTI-Politik konzentrieren sollte: die Schaffung von Märkten für künftige Innovationen, umfangreichere und risikotolerantere Finanzierung für Innovationen, interdisziplinärer Wissensaustausch sowie bessere Dateninfrastruktur und -kapazitäten. Da die mit den Transformationen verbundenen Herausforderungen auch andere Länder betreffen, dürften die in diesem Bericht dargelegten Erkenntnisse nicht nur für politische Entscheidungsträger*innen, beteiligte Akteure und Politikberater*innen in Deutschland, sondern auch für andere OECD-Länder von großem Interesse sein.

Dieser Bericht ist für ein breites Spektrum von Stakeholdern in Deutschland relevant, für Staatsbedienstete und Politikverantwortliche ebenso wie für Vertreter*innen des Privatsektors und der Zivilgesellschaft. Aufgrund der globalen Bedeutung des deutschen WTI-Systems sind die Erkenntnisse dieses Berichts für politische Entscheidungsträger*innen im gesamten OECD-Raum und darüber hinaus interessant, da viele der Herausforderungen, mit denen Deutschland konfrontiert ist, auch andere angehen müssen und die aufgeführten Lösungen als Inspiration in anderen Kontexten dienen können. Der Prüfbericht wurde am 4. Oktober 2022 bei einer Veranstaltung des BMWK in Berlin präsentiert.

Die Verantwortung für den Bericht trug Caroline Paunov, Leiterin des TIP-Sekretariats der OECD und Leitende Volkswirtin. Die Hauptautor*innen – Caroline Paunov und Luke Mackle, Politikanalyst bei der OECD – konnten bei ihrer Arbeit auf verschiedene wichtige Beiträge zurückgreifen. Dazu gehörte insbesondere ein umfassender Hintergrundbericht, den Christian Rammer vom Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und Stephanie Daimer, Rainer Frietsch, Hennig Kroll und Rainer Walz vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI, Karlsruhe) angefertigt haben. Auch der Beitrag von Sylvia Schwaag Serger, Professorin an der Universität Lund, insbesondere zu den Kapiteln 5 und 15, war von unschätzbarem Wert. Pluvia Zuniga, Senior Consultant bei der OECD, wirkte besonders an den Kapiteln 10, 11, 12 und 13 mit. Erik Arnold, Senior Partner bei Technopolis und Honorary Professor am Manchester Institute of Innovation Research, war an den Kapiteln 5 und 14 beteiligt. Alle leisteten einen wichtigen Beitrag zur Forschungs-, Analyse- und Redaktionsarbeit. Wertvoll war auch die Unterstützung durch Jan Einhoff, externer Berater der OECD, bei der Forschungs- und

Redaktionsarbeit insbesondere für Kapitel 8 sowie bei der Organisation von zwei Interviewrunden. Laura Kreiling, Politikanalystin bei der OECD, leistete wertvolle und umfassende Hilfe bei Kapitel 13 und der Organisation der Interviews. Nikolas Schmidt, Politikanalytist bei der OECD, war an der Forschungsarbeit für alle Abschnitte des Berichts sowie an deren Redaktion und Abfassung maßgeblich beteiligt.

Das Prüfungsteam ist dankbar für die Initiative des BMWK zu diesem Bericht und die Unterstützung des Ministeriums während des gesamten Prozesses. Das gilt namentlich für Ole Janssen, Leiter der Unterabteilung Innovations- und Technologiepolitik, Ulrich Romer, Referatsleiter, und ihr Team, insbesondere Rebecca Leinen, Verena Mertins und Magda Kemper.

Die Erstellung und Veröffentlichung des Berichts wären ohne die Unterstützung der Kolleg*innen in der OECD-Direktion Wissenschaft, Technologie und Innovation (STI) nicht möglich gewesen: Andrew Wyckoff, Leiter der Direktion, Dirk Pilat, ehemaliger stellvertretender Leiter, und Alessandra Colecchia, Leiterin der Abteilung Wissenschafts- und Technologiepolitik, steuerten wichtige Kommentare bei. Blandine Serve leistete umfassende Unterstützung im Bereich der Statistik und der Datenvisualisierung. Das Prüfungsteam ist Romy de Courtay für ihre ausgezeichnete redaktionelle Arbeit zu Dank verpflichtet. An Kommunikation und Design wirkten Sylvain Fraccola und Sebastian Ordelheide mit.

Sehr hilfreich waren auch das Feedback und die Kommentare zahlreicher weiterer Kolleg*innen, sowohl innerhalb als auch außerhalb der OECD. Die OECD-Arbeitsgruppe Innovation und Technologiepolitik (TIP) erörterte den Prüfbericht bei ihren Tagungen im Juni 2021, Dezember 2021 und Juni 2022 und organisierte mehrere Peer-Group-Prüfungen mit TIP-Delegierten. Das Prüfungsteam dankt Christian Busch, Jacopo Cricchio, Alberto Di Minin, Göran Marklund, Byeongwon Park und Lennart Stenberg sowie den Teilnehmer*innen der TIP-Sitzungen für ihre wertvollen Beiträge. Das Sekretariat spricht ferner den Kolleg*innen in der OECD-Hauptabteilung Wirtschaft, der OECD-Direktion Handel und Landwirtschaft, der Internationalen Energie-Agentur (IEA) sowie den Kolleg*innen in den anderen Abteilungen der Direktion STI ihren Dank für die wertvollen Anregungen und das Feedback zu den verschiedenen Abschnitten des Berichts aus. Besonderer Dank gebührt dem BMWK und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für ihr zeitnahes und wertvolles Feedback zu allen Abschnitten des Berichts. Der Dank des Prüfungsteams gebührt auch den Mitgliedern des OECD-Ausschusses für Wissenschafts- und Technologiepolitik (CSTP) für die Prüfung und offizielle Freigabe des Berichts.

Besonders danken möchte das TIP-Sekretariat den mehr als 100 Personen, die im April/Mai 2021 und November 2021 an den Interviews für diesen Bericht teilgenommen haben. Die Teilnahme hat dem Prüfungsteam geholfen, den Erfahrungen und Anliegen eines breiten Kreises von Stakeholdern Rechnung zu tragen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Hinweise	12
Abkürzungsverzeichnis	15
Zusammenfassung	17
Teil I Gesamtbeurteilung und Empfehlungen	21
1 Gesamtbeurteilung und Empfehlungen	23
Zusammenfassung der Empfehlungen	24
Einleitung	26
1.1. Überblick über das deutsche Innovationssystem	28
1.2. SWOT-Diagramm des deutschen Innovationssystems	31
1.3. Stärken und strukturelle Schwächen des deutschen Innovationssystems	34
1.4. Das deutsche Innovationssystem und seine Antworten auf die Herausforderungen der Zukunft	42
1.5. Empfehlungen	47
Literaturverzeichnis	62
Teil II Das deutsche Innovationssystem im internationalen Kontext: Ergebnisse, Kapazitäten und Politik	67
2 Der sozioökonomische Kontext für Innovationen	69
Einleitung	70
2.1. Struktureller Rahmen	70
2.2. Jüngere Entwicklungen im Zusammenhang mit der Covid-19-Krise	72
2.3. Die Nachhaltigkeitsziele Deutschlands	73
2.4. Staatsschulden und öffentliche Investitionen	74
Literaturverzeichnis	77
3 Die deutsche Innovationsleistung im Vergleich	79
Einleitung	80
3.1. Die Innovationsleistung Deutschlands	80
3.2. Vorleistungen für Innovation: FuE, immaterielle und sonstige Investitionen	82
3.3. Zwischenergebnisse von Innovation: Patente, Warenzeichen und Veröffentlichungen	88
3.4. Indikatoren der Innovationsergebnisse und -qualität auf der Basis der Exportleistung	91

3.5. Regionale und Branchenstruktur von Innovationen	93
3.6. Innovationsproduktivität: Ergebnisse im Verhältnis zu Investitionen	101
Literaturverzeichnis	103
4 Die deutsche Forschungslandschaft für Innovationen	107
Einleitung	108
4.1. Forschungskapazitäten im internationalen Vergleich	108
4.2. Forschungseinrichtungen im Überblick	110
4.3. Öffentliche Forschungseinrichtungen im deutschen WTI-System	112
4.4. Hochschuleinrichtungen	116
4.5. Ressortforschungseinrichtungen	117
Literaturverzeichnis	119
5 Strategien und Policy-Mix für Innovation	121
Einleitung	122
5.1. Innovationspolitische Strategien	122
5.2. Direkte und indirekte öffentliche Förderung von FuE und Innovation in Deutschland	129
5.3. „Von der Idee zum Markterfolg“ und verwandte Programme	135
Literaturverzeichnis	145
Teil III Saat auf fruchtbaren Boden: die richtigen Voraussetzungen für innovatives Unternehmertum	149
6 Rahmenbedingungen für Innovationen: Regulierung, Infrastruktur und Kompetenzen	151
Einleitung	152
Empfehlung 3: Ausweitung und Verankerung agiler politischer Instrumente zur Unterstützung von Innovationsbemühungen kleinen und mittlerer Unternehmen (KMU) im Rahmen der digitalen und ökologischen Transformationen	152
6.1. Regulatorischer Rahmen für Innovationen und Zugang zu Innovationsmaßnahmen: Informations- und Förderprogramme	157
6.2. Innovationsfördernde Breitband- und Dateninfrastruktur	162
6.3. Arbeitsmarktbedingungen	165
6.4. Kompetenzen und Fähigkeiten für Innovationen in Deutschland	166
Literaturverzeichnis	174
7 Die Finanzierung von Innovation in Deutschland	179
Einleitung	180
Empfehlung 6: Finanzmärkte fördern, die ein Aufskalieren von Sprunginnovationen fördern	181
7.1. Innovationsfinanzierung durch Banken in Deutschland	183
7.2. Finanzierung durch Wagniskapital und sonstige Finanzierungsmöglichkeiten für risikoreiche Innovationen	184
Literaturverzeichnis	190
8 Standards setzen: die Qualitätsinfrastruktur und Innovation in Deutschland	193
Einleitung	194
Empfehlung 9: Qualitätsinfrastruktur digitalisieren, modernisieren und als Werkzeug einsetzen	195
8.1. Überblick über die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands	196
8.2. Die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands in der europäischen und internationalen Standardisierung	199

8.3. Die Digitalisierung und die Nachhaltigkeitswende stellen neue Ansprüche an die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands	202
8.4. Die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands als strategisch eingesetztes Werkzeug zur Förderung von Innovation und internationaler Wettbewerbsfähigkeit	204
Literaturverzeichnis	206
Teil IV Eine Welt für sich? Innovationen in Deutschland und ihre internationalen Einflussfaktoren	209
9 Die internationale Dimension des deutschen Innovationsökosystems	211
Einleitung	212
Empfehlung 10 Eine Führungsrolle bei der Gestaltung innovationsbezogener Politik in der EU und weltweit übernehmen	213
9.1. Exportmerkmale	215
9.2. Verflechtungen von Handel und Wertschöpfungskette im deutschen Unternehmenssektor	217
9.3. Internationale Verflechtungen, Resilienz und ökologische Transformation	222
Literaturverzeichnis	227
Teil V Business as usual? Innovation und die Transformation des deutschen Privatsektors	231
10 Der Innovationsbeitrag des Mittelstands zur digitalen Transformation	233
Einleitung	234
Empfehlung 4: Dateninfrastruktur und -zugang verbessern, vor allem in der Industrie	234
10.1. Die Rolle des Mittelstands für die Innovation im Unternehmenssektor	237
10.2. Digitalisierung im Unternehmenssektor: den Mittelstand unterstützen	239
10.3. Geschäftsdynamik, Unternehmergeist und Auswirkungen auf die Innovation	244
Literaturverzeichnis	247
11 Innovation im deutschen Unternehmenssektor für die ökologische Transformation: Leistung, Herausforderungen und Chancen	249
Einleitung	250
Empfehlung 7: Den Einsatz der öffentlichen Auftragsvergabe als Innovationstreiber stärken	251
11.1. Benchmarking der Innovationsleistung Deutschlands in der Übergangsphase	252
11.2. Industrielle Transformation für die Nachhaltigkeitswende: Der deutsche Automobilsektor	261
11.3. Technologische Marktreife von Lösungen für die industrielle Nachhaltigkeit	263
11.4. Nationale Strategien und politische Förderung der Nachhaltigkeitswende	264
11.5. Öffentliche Auftragsvergabe zur Förderung der Innovation	271
Literaturverzeichnis	273
12 Von inkrementellen Innovationen zu Sprunginnovationen: neue Herausforderungen und Innovationsansätze	277
Einleitung	278
12.1. Business as usual? Argumente für einen neuen Innovationsansatz	279
12.2. Sprunginnovationen und ihre Politikimplikationen für Deutschland	281
13 Technologie- und Wissenstransfer für industrielle Innovation und Transformationen	287
Einleitung	288

Empfehlung 5: Den disziplinen- und sektorübergreifenden Wissenstransfer und die Zusammenarbeit in diesem Bereich verbessern	289
13.1. Eine Einführung zum Wissenstransfer in Deutschland	293
13.2. Der Einsatz der Wissenschaft zur Förderung bahnbrechender Erfindungen	306
13.3. Hemmnisse für den Wissens- und Technologietransfer	307
13.4. Politikmaßnahmen zur Unterstützung des Wissenstransfers	312
Literaturverzeichnis	315
Teil VI Steuerung: Governance und Politik für das deutsche Innovationssystem im Wandel	319
14 Nationale WTI-Governance, EU-Führungsrolle und internationales Engagement	321
Einleitung	322
Empfehlung 1: Eine gemeinsame Vision „Deutschland 2030 und 2050“ entwickeln	323
14.1. Überblick über die WTI-Governance	325
14.2. Kohärenz und Agendasetzung für WTI	330
14.3. Interministerielle Zusammenarbeit bei der WTI-Governance	331
14.4. Direktionalität, Missionsorientierung und ergebnisorientierte WTI-Governance	332
14.5. Der Föderalismus und seine Auswirkungen auf die WTI-Governance	335
14.6. Führungsrolle der deutschen WTI-Governance auf EU- und internationaler Ebene	336
Literaturverzeichnis	338
15 Agile und experimentierfreudige Innovationspolitik	341
Einleitung	342
Empfehlung 2: Ein öffentlich-privates Labor für experimentierfreudige and agile Innovationspolitik einrichten	343
15.1. Der öffentliche Sektor als treibende Kraft des Wandels	344
15.2. Projektträger	345
15.3. Innovationen in politischen und regulatorischen Testräumen erproben	346
15.4. Maßnahmen zur Förderung von Sprunginnovationen	346
Literaturverzeichnis	349
16 Alle an einen Tisch bringen: Beteiligung und Teilhabe am deutschen Innovationsgeschehen	351
Einleitung	352
Empfehlung 8: Die Zivilgesellschaft und wichtige Akteur*innen stärker in die WTI-Politik einbeziehen, um Transformationen zu erreichen	353
16.1. Überblick über die Zusammenhänge zwischen Innovation und Teilhabe	356
16.2. Beteiligung an Innovationen	358
16.3. Einstellung der Öffentlichkeit zu Wissenschaft, Technologie und Innovation	363
16.4. Beteiligung an wissenschafts-, technologie- und innovationspolitischen Prozessen	364
16.5. Teilhabe der Regionen und Wirtschaft an Wissenschaft, Technologie und Innovation	365
Literaturverzeichnis	369
ABBILDUNGEN	
Abbildung A. Struktur des Berichts	13
Abbildung B. Überblick über die Empfehlungen	20
Abbildung 2.1. Lebensqualität in Deutschland: Der <i>OECD Better Life Index</i> (2020)	71
Abbildung 2.2. Konsumbedingter Konjunkturerinbruch in Deutschland infolge der Covid-19-Krise	73

Abbildung 2.3. Nettoinvestitionen der Kommunen trotz wieder steigender öffentlicher Investitionen weiterhin negativ	76
Abbildung 3.1. Bruttoanlagekapitalstock und Kapitalflüsse im Euroraum, 2018	83
Abbildung 3.2. FuE in der OECD in absoluten Zahlen und im Vergleich	84
Abbildung 3.3. Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der FuE-Ausgaben in der Industrie, 2008–2020	85
Abbildung 3.4. Investitionen in IKT und wissensbasiertes Kapital auf niedrigem Niveau	86
Abbildung 3.5. Maßgebliche Indikatoren für Mitarbeiterkapazitäten in FuE im Verhältnis zur Anzahl der sonstigen Mitarbeitenden im Unternehmenssektor, 2019	87
Abbildung 3.6. Frauen sind in der deutschen Forschung unterrepräsentiert, 2019 oder letztes verfügbares Jahr	87
Abbildung 3.7. Gesamtanzahl der Patentanmeldungen der fünf Länder mit den meisten IP5-Patentanmeldungen, 2005–2018	89
Abbildung 3.8. FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors und triadische Patentanmeldungen, 2018	90
Abbildung 3.9. Triadische Patente pro Million USD an FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors, 2000–2018	90
Abbildung 3.10. Deutsche Warenexporte, 2005–2020	92
Abbildung 3.11. Reihenfolge und Anteile der zehn Städte mit den meisten Patentanmeldungen, Deutschland, 1995, 2005 und 2014	93
Abbildung 3.12. Internationale Ähnlichkeiten der Branchenstruktur von FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors, 2017	95
Abbildung 3.13. Die 25 Branchen in Deutschland mit den höchsten Aufwendungen für Innovation, (NACE-Klassifikation, zweistellige Ebene), 2017–2019	96
Abbildung 3.14. Art der Aufwendungen für Innovationen in den zehn deutschen Branchen mit den höchsten Innovationsausgaben, 2017–2019	97
Abbildung 3.15. Verteilung der FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors nach Branche, 2019 oder letztes verfügbares Jahr	99
Abbildung 3.16. Anteil der investiven Ausgaben für Innovation an den gesamten investiven Ausgaben* in Deutschland, nach Branchen mit den höchsten Innovationsausgaben, 2017–2019	100
Abbildung 3.17. Entwicklung der FuE-Produktivität im produzierenden Gewerbe: Patente im Verhältnis zu FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors	101
Abbildung 3.18. Patentanmeldungen beim EPA im Verhältnis zu den FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors für ausgewählte Branchen, 2000 und 2018	102
Abbildung 4.1. Maßgebliche Indikatoren der FuE-Personalkapazitäten in Relation zum Wirtschaftssektor (2019)	109
Abbildung 4.2. FuE-Finanzierung durch den Bund, Deutschland 2005–2020, nach Ressorts	110
Abbildung 4.3. Wissenschaftliche Forschungseinrichtungen in Deutschland, nach wissenschaftlicher Ausrichtung und Zielgruppenorientierung	111
Abbildung 4.4. FuE-Personal an öffentlichen Forschungseinrichtungen, 2005–2018, nach Organisation	113
Abbildung 4.5. Wissenschaftliches Personal an Hochschuleinrichtungen, 2005–2019, nach Finanzierungsquellen	117
Abbildung 5.1. Veränderung der FuE-Finanzierung des Bundes, 2005 bis 2020, nach Bundesministerien	130
Abbildung 5.2. Veränderung der FuE-Finanzierung des Bundes, 2005–2020, nach Hauptförderinstrumenten	131
Abbildung 5.3. Veränderung der FuE-Finanzierung der Bundesländer, 2005–2017, nach Bundesländern	132
Abbildung 5.4. Beitrag zur Gesamtveränderung der FuE-Finanzierung der Bundesländer, 2005–2017, nach Bundesländern	133
Abbildung 5.5. Direkte staatliche Förderung und steuerliche Förderung für unternehmensbasierte FuE, 2019 und 2006	134
Abbildung 5.6. Von der Idee zum Markterfolg: Förderinstrumente und Maßnahmen	135
Abbildung 5.7. Standorte der Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren, 2020	138
Abbildung 5.8. Struktur und Organisation der Plattform Industrie 4.0 (2022)	143
Abbildung 6.1. OECD-Produktmarktregulierung: Vereinfachung und Evaluierung von Regelungen (2018)	158
Abbildung 6.2. Verwaltungsaufwand für Gesellschaften mit beschränkter Haftung und Personengesellschaften	159
Abbildung 6.3. Deutschland weist einen geringen Anteil von Internetzugängen im Hochgeschwindigkeitsbereich auf (2020)	163
Abbildung 6.4. Zugang zum schnellen Breitband-Festnetz ist von der geografischen Lage abhängig	164
Abbildung 6.5. Anzahl der Hochschulabsolvent*innen in Deutschland, 2000–2019	167
Abbildung 6.6. Anteil der Erstabsolvent*innen an Hochschulen an der gleichaltrigen Gesamtbevölkerung in Deutschland, 2000–2019	169
Abbildung 6.7. Signifikanter Fachkräftemangel besteht in MINT-bezogenen Wissensgebieten	170
Abbildung 6.8. Anzahl der bestandenen Abschlussprüfungen für Berufsausbildungsverhältnisse in Deutschland, 2001–2019, nach fachlichem Schwerpunkt	172

Abbildung 6.9. Änderungen in der Anzahl bestandener Abschlussprüfungen (Berufsausbildung) in Deutschland, 2012–2019, nach einschlägigen Wirtschaftssektoren	172
Abbildung 7.1. Die Wagniskapitalinvestitionen in der Seed-Phase und in den späteren Phasen sind in Deutschland unterentwickelt	184
Abbildung 7.2. Wagniskapital in verschiedenen Investitionsphasen: Deutschland, Vereinigte Staaten, Israel	186
Abbildung 8.1. Das Standardisierungsverfahren in Deutschland	197
Abbildung 8.2. Standardisierung in Deutschland, in Europa und auf internationaler Ebene	200
Abbildung 9.1. Die exportorientierten Industriebranchen Deutschlands sind in hohem Maße von der Auslandsnachfrage abhängig	216
Abbildung 9.2. Integration in die globale Wertschöpfungskette: Deutschland im internationalen Vergleich	218
Abbildung 9.3. Ursprung der durch Importe generierten Wertschöpfung (2000 und 2018)	219
Abbildung 9.4. Die zehn Hubs mit der größten Zentralität in den globalen Wertschöpfungsketten	220
Abbildung 9.5. Die Beiträge der Sektoren zur in- und ausländischen Wertschöpfung	221
Abbildung 10.1. BERD-Anteil von großen Unternehmen (mehr als 500 Mitarbeitende), 2019 oder neueste verfügbare Daten	238
Abbildung 10.2. BERD-Anteil der KMU im Verhältnis zum BIP	239
Abbildung 10.3. Deutsche Unternehmen liegen bei der Nutzung fortgeschrittener IKT-Tools und -Aktivitäten im Rückstand	240
Abbildung 10.4. Daten aus Unternehmenssensoren und -geräten werden noch zu wenig für Big-Data-Analysen genutzt	242
Abbildung 10.5. Deutschland ist bei IKT-bezogenen Patenten im Rückstand gegenüber den am besten abschneidenden Ländern	243
Abbildung 10.6. Forschung und Patente in ausgewählten fortgeschrittenen Technologien	244
Abbildung 10.7. Nachlassende Geschäftsdynamik bereits vor der Krise	245
Abbildung 11.1. Technologische Spezialisierung, EPA-Patentanmeldungen, 2019	255
Abbildung 11.2. RTA in den Bereichen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel, 2016–2018	256
Abbildung 11.3. RTA der Regionen, nach Technologiebereichen, 2016–2018	256
Abbildung 11.4. Top 50 der Unternehmen für Patent- und Markenmeldungen in den Bereichen Klimaschutz und Klimaanpassung, 2016–2018	258
Abbildung 11.5. Top 5 der Sektoren mit Patenten oder Marken für Technologien in den Bereichen Klimaschutz oder Klimaanpassung, 2016–2018	259
Abbildung 11.6. Patentierung von Umwelttechnologien, 2000–2018	259
Abbildung 11.7. Patentierung mit Relevanz für Klimaschutz und Umweltmanagement, 2015–2018	260
Abbildung 11.8. Leitungsstrukturen der Nationalen Wasserstoffstrategie	267
Abbildung 11.9. Wichtige Akteure innerhalb des deutschen Dachkonzepts Forschungsfabrik Batterien	268
Abbildung 13.1. Formen der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft 2015–2017	298
Abbildung 13.2. Bedeutung verschiedener Formen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit für den Zugang zu Erkenntnissen von Wissenschaftsorganisationen, 2015–2017	299
Abbildung 13.3. Industrielle Finanzierung von FuE in tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Institutionen, 2019	300
Abbildung 13.4. Unternehmen, die bei Innovationstätigkeiten mit Universitäten oder anderen Hochschuleinrichtungen zusammenarbeiten	300
Abbildung 13.5. Ko-Publikation von privatsektoriellen Stellen mit tertiären Bildungseinrichtungen und Publikationen im Rahmen der offenen Wissenschaft	301
Abbildung 13.6. Stand der Verwertung patentierter Erfindungen nach geografischer Region	302
Abbildung 13.7. Anteil von Start-ups aus dem Wissenschaftsbereich in Crunchbase, nach Land und Kategorie (% der mit Risikokapital geförderten Unternehmen), 2018	304
Abbildung 13.8. Gründungsquote in FuE-intensiven Sektoren (% aller Unternehmen), 2017	305
Abbildung 13.9. Bahnbrechende Patente nach Technologiefeld (WIPO 35), 2012–2015	307
Abbildung 13.10. Gründe für die Nichtverwertung nach Region (geplante Verwertung und Nichtverwertung)	308
Abbildung 13.11. Prozentualer Anteil der Forscher*innen im Unternehmenssektor an der Gesamtzahl des Landes	309
Abbildung 14.1. Governance-Struktur für Forschung, Entwicklung und Innovation (FEI) in Deutschland	325
Abbildung 14.2. Schematische Darstellung einer typischen WTI-Governance-Struktur	326
Abbildung 14.3. Evolution der deutschen Forschungs- und Innovationsstrategie: Von der Technologie- hin zur Missionsorientierung	334
Abbildung 16.1. Innovation und Teilhabe	357
Abbildung 16.2. Teilhabe und die deutsche Wirtschaft: Genderspezifische Herausforderungen	359
Abbildung 16.3. Frauen sind in der deutschen Forschungs-Community unterrepräsentiert (2019 oder letztes verfügbares Jahr)	360

Abbildung 16.4. Frauen sind in Führungspositionen unterrepräsentiert	361
Abbildung 16.5. Führungspositionen und Gender in Unternehmen mit den höchsten FuE-Investitionen weltweit, nach Sektor (2018)	362
Abbildung 16.6. Die deutschen Bruttoinlandsausgaben für Forschung und Entwicklung (BAFE) konzentrieren sich auf die südlichen Bundesländer	366

TABELLEN

Tabelle 1.1. SWOT-Diagramm des deutschen Innovationssystems	32
Tabelle 4.1. Gruppierungen öffentlicher Forschungseinrichtungen in Deutschland	112
Tabelle 4.2. Hochschuleinrichtungen in Deutschland	116
Tabelle 5.1. Überblick über ausgewählte nationale Strategien und Programme im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation	123
Tabelle 5.2. Prioritäten der deutschen WTI-Politik 2018–2022	124
Tabelle 8.1. Auswirkungen der Standardisierung auf Innovation	203
Tabelle 12.1. Sprunginnovationen und Politikimplikationen	282
Tabelle 14.1. WTI-Zuständigkeiten des BMBF und BMWK	328

Folgen Sie OECD-Veröffentlichungen auf:



<https://twitter.com/OECD>



<https://www.facebook.com/theOECD>



<https://www.linkedin.com/company/organisation-eco-cooperation-development-organisation-cooperation-developpement-eco/>



<https://www.youtube.com/user/OECDiLibrary>



<https://www.oecd.org/newsletters/>

Hinweise

Dieser Bericht zur Innovationspolitik in Deutschland besteht aus sechs Teilen. Abgesehen vom ersten Teil mit dem Titel „Gesamtbeurteilung und Empfehlungen“ hat jeder Abschnitt einen thematischen Schwerpunkt, der für die Empfehlungen des Berichts relevant ist. Jeder der sechs Teile enthält eines oder mehrere der insgesamt 16 Kapitel. Diese Hinweise geben einen Überblick über die Struktur und Inhalte des Berichts.

In den Teilen, die internationale Vergleiche erörtern oder Innovationsleistung bewerten, bezieht sich der Bericht auf eine Reihe von Indikatoren zu Patenten und Investitionen. Leser*innen, die mit den Diskussionen rund um Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) vertraut sind, kennen sicherlich die Stärken und Schwächen dieser Kennzahlen. Allen anderen werden die Indikatoren im Kasten 3.1 des dritten Kapitels vorgestellt.

Abbildung A. Struktur des Berichts



Teil 1 – Gesamtbeurteilung und Empfehlungen

Der erste Teil des Berichts besteht aus einem Kapitel, das mit *Gesamtbeurteilung und Empfehlungen* überschrieben ist. Es enthält die wichtigsten Erkenntnisse und einen Überblick über die zehn Empfehlungen, die sich aus diesen Erkenntnissen ergeben haben. Das Kapitel bietet Kurzfassungen der in den anderen Teilen enthaltenen Informationen und Botschaften, allerdings weitgehend ohne die dort verzeichneten Nachweise.

Teil 2 – Das deutsche Innovationssystem im internationalen Kontext: Ergebnisse, Kapazitäten und Politik

Der zweite Teil des Berichts besteht aus vier Kapiteln: *Der sozioökonomische Kontext für Innovationen* (Kapitel 2), *Die deutsche Innovationsleistung im Vergleich* (Kapitel 3), *Die deutsche Forschungslandschaft für Innovationen* (Kapitel 4) und *Strategien und Policy-Mix für Innovation* (Kapitel 5).

Teil 3 – Saat auf fruchtbaren Boden: die richtigen Voraussetzungen für innovatives Unternehmertum

Der dritte Teil des Berichts besteht aus drei Kapiteln: *Rahmenbedingungen für Innovationen: Regulierung, Infrastruktur und Kompetenzen* (Kapitel 6), *Innovationsfinanzierung in Deutschland* (Kapitel 7) und *Standards setzen: die Qualitätsinfrastruktur und Innovation in Deutschland* (Kapitel 8).

Die Kapitel stellen jeweils eine Empfehlung vor. In Kapitel 6 geht es dabei um die Ausweitung und Verankerung agiler politischer Instrumente zur Unterstützung von innovativen KMU sowie den Abbau bürokratischer Hürden, die sich negativ auf den Innovationsbeitrag dieser Unternehmen auswirken können. In Kapitel 7 wird empfohlen, Finanzmärkte zu fördern, die das Aufskalieren von wirkungsvoller Innovationstätigkeit und potenziellen Sprunginnovationen unterstützen. Bei der Empfehlung in Kapitel 8 steht die Qualitätsinfrastruktur im Mittelpunkt: Sie sollte digitalisiert, modernisiert und im internationalen Kontext als strategisches Werkzeug eingesetzt werden.

Teil 4 – Eine Welt für sich? Innovationen in Deutschland und ihre internationalen Einflussfaktoren

Der vierte Teil des Berichts enthält ausschließlich das neunte Kapitel mit dem Titel *Die internationale Dimension des deutschen Innovationsökosystems*.

Es enthält keine Empfehlung, behandelt aber verschiedene systemisch wichtige Aspekte des deutschen Innovationsystems, u. a. den Zusammenhang zwischen Handel und inländischer Innovation, die Rolle globaler Wertschöpfungsketten im innovativen Privatsektor, oder auch die Bedeutung der Energieversorgung sowie von Engpässen und anderen Beeinträchtigungen für das deutsche WTI-System.

Teil 5 – Business as usual? Innovation und die Transformation des deutschen Privatsektors

Mit dem fünften Teil des Berichts kommen weitere vier Kapitel hinzu: *Der Innovationsbeitrag des Mittelstands zur digitalen Transformation* (Kapitel 10), *Innovation im deutschen Unternehmenssektor für die ökologische Transformation: Leistung, Herausforderungen und Chancen* (Kapitel 11), *Von inkrementellen Innovationen zu Sprunginnovationen: neue Herausforderungen und Innovationsansätze* (Kapitel 12) und *Technologie und Wissenstransfer für industrielle Innovation und Transformationen* (Kapitel 13).

In zwei dieser Kapitel ist auch jeweils eine Empfehlung enthalten: In Kapitel 10 wird vorgeschlagen, zugunsten der Innovationstätigkeit im privaten Sektor die Dateninfrastruktur und den Datenzugang zu verbessern. Kapitel 11 rät zu öffentlicher Beschaffung als nachfrageseitiges Förderinstrument für Innovation.

Teil 6 – Steuerung: Governance und Politik für das deutsche Innovationssystem im Wandel

Der sechste Teil des Berichts besteht aus drei Kapiteln: *Nationale WTI-Governance, EU-Führungsrolle und internationales Engagement* (Kapitel 14), *Agile und experimentierfreudige Innovationspolitik* (Kapitel 15) und *Alle an einen Tisch bringen: Beteiligung und Teilhabe am deutschen Innovationssystem* (Kapitel 16).

Der Teil stellt insgesamt drei Empfehlungen vor, die in vielfacher Hinsicht eine übergreifende Struktur und Vision für viele der anderen Empfehlungen des Berichts liefern. Kapitel 14 enthält die Empfehlung, eine gesamtstaatliche Vision „Deutschland 2030 und 2050“ zu entwickeln, die WTI eine Rolle für ihre Verwirklichung zuweist. In Kapitel 15 wird empfohlen, als institutionelle Verkörperung dieser Vision ein öffentlich-privates Labor für experimentierfreudige und agile Innovationspolitik einzurichten. Kapitel 16 präsentiert eine Empfehlung, die Teilhabe und Beteiligung der Gesellschaft an der Gestaltung und Umsetzung von WTI-Politik zu erhöhen.

Abkürzungsverzeichnis

acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“
ANSI	American National Standards Institute
ARF	Aufbau- und Resilienzfähigkeit der EU
BAFE	Bruttoinlandsausgaben für Forschung und Entwicklung
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BERD	Ausgaben des Unternehmenssektors für Forschung und Entwicklung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMI	Bundesministerium des Innern und für Heimat
BMVg	Bundesministerium der Verteidigung
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNE	Bruttonationaleinkommen
CERN	Europäische Organisation für Kernforschung
CNIPA	China National Intellectual Property Administration
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
DAkkS	Deutsche Akkreditierungsstelle
DARPA	US-amerikanische Defense Advanced Research Projects Agency
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
DZHW	Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation
EIB	Europäische Investitionsbank
EIF	Europäischer Investitionsfonds
EPA	Europäisches Patentamt
ERP	European Recovery Programme
EXIST	Existenzgründungen aus der Wissenschaft
FhG	Fraunhofer-Gesellschaft

FuE	Forschung und Entwicklung
F&I	Forschung und Innovation
GBARD	Staatliche Mittelzuweisungen für Forschung und Entwicklung
GWK	Gemeinsame Wissenschaftskonferenz
HTGF	High-Tech Gründerfonds
HTS	Hightech-Strategie
IGF	Industrielle Gemeinschaftsforschung
IGP	Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
INVEST	Zuschuss für Wagniskapital
IPCEI	Wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse
ITF	Weltverkehrsforum
JPO	Japanisches Patentamt
KATS	Koreanische Agentur für Technologie und Standards
KI	Künstliche Intelligenz
KKP	Kaufkraftparität
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
Mbit/s	Megabits pro Sekunde
ÖPP	Öffentlich-private Partnerschaft
PCT	Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens
PIAAC	Internationale Vergleichsstudie der Kompetenzen Erwachsener der OECD
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RTA	Revealed technological advantage
SPRIND	Bundesagentur für Sprunginnovationen
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken)
TNO	Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung
TU	Technische Universität
USPTO	Patent- und Markenamt der Vereinigten Staaten
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VZÄ	Vollzeitäquivalent
WGL	Leibniz-Gemeinschaft (Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm-Leibniz)
WTI	Wissenschaft, Technologie und Innovation
ZEW	Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
ZIM	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

Zusammenfassung

Deutschlands Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem muss sich den durch globale Schocks und die digitale und ökologische Transformation verursachten Herausforderungen stellen

Die sozioökonomischen Folgen der Coronapandemie und die Auswirkungen des russischen Kriegs in der Ukraine haben Schwachstellen in Deutschlands exportorientiertem Wirtschaftsmodell aufgezeigt: eine zu starke Abhängigkeit von Energie aus Russland, eine andauernde Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, eine schleppende Digitalisierung sowie konzentrierte und stör anfällige Lieferketten der deutschen Industrie. Politik und Wirtschaft sind sich deshalb zunehmend bewusst, dass das Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (WTI-System) die Innovationstätigkeit, deren Ziele und die Innovationspolitik neu ausrichten muss. Allerdings hat Deutschland derzeit auch zahlreiche Krisen zu bewältigen, sodass das Risiko besteht, dass diese längerfristigen Fragen vernachlässigt werden. Es führt aber kein Weg daran vorbei, diese längerfristigen Probleme anzugehen, denn Innovation ist der Eckpfeiler des sozioökonomischen Wohlergehens des Landes und eine Stütze für Beschäftigung, Investitionstätigkeit und Arbeitsplatzschaffung.

Die deutsche Wirtschaft agiert nicht in einem stabilen und vorhersehbaren Umfeld, und ebenso wie in vielen anderen Ländern weltweit stellt die digitale und ökologische Transformation auch in Deutschland viele Annahmen über die langfristige Tragfähigkeit des sozioökonomischen Modells infrage. Die digitalen Technologien verändern die Produkte und Verfahren der Innovationstätigkeit und bieten Chancen für völlig neue Geschäftsmodelle in allen Wirtschaftsbereichen. Das Entstehen neuer Unternehmen – wie Tesla im Premiumsegment der globalen Automobilindustrie, das lange von deutschen Firmen dominiert wurde – zeigt die disruptiven Auswirkungen solcher Geschäftsmodelle und digitaler Technologien in Bereichen, die für Deutschland von strategischer Bedeutung sind. In der deutschen Automobilindustrie sind fast eine Million Menschen direkt beschäftigt und viele weitere arbeiten in Tausenden von mittelständischen Zulieferbetrieben. Gerät die deutsche Führungsrolle in diesen Bereichen ernsthaft ins Wanken, hätte das weitreichende Auswirkungen nicht nur auf die Wettbewerbsfähigkeit, sondern auch auf das sozioökonomische Wohlergehen.

Die digitale und ökologische Transformation und der dadurch in der Weltwirtschaft verursachte Strukturwandel erschüttern mehrere Grundpfeiler, auf denen die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands beruht. Die Unternehmen und Forschungsorganisationen des Landes sind nicht zuletzt dank ihres Humankapitals an sich gut positioniert, um diese Herausforderungen zu bewältigen und gleichzeitig bei der weltweiten Bekämpfung des Klimawandels eine Führungsrolle einzunehmen. Die WTI-Politik muss jedoch reformiert werden, um die Resilienz des deutschen WTI-Systems angesichts wiederholter Schocks zu stärken und für künftige Transformationen besser gewappnet zu sein.

Die politischen Entscheidungsträger*innen dürfen die Auswirkungen der strukturellen wirtschaftlichen Veränderungen auf die Grundpfeiler der deutschen Wirtschaft und die bedeutende Rolle von WTI für das zukünftige sozioökonomische Wohlergehen nicht aus den Augen verlieren. Die WTI-Politik wird in den kommenden Jahren immer wieder Unsicherheiten bewältigen müssen und zur Sicherung der deutschen

Führungsrolle im WTI-Bereich zweifellos weder Risiken noch die Beschäftigung mit völlig neuen Wissenschafts- und Technologiebereichen vermeiden können. Für eine Zukunft, in der Deutschland sowohl in seinen Kernbranchen – Autoindustrie, Maschinenbau sowie chemische und pharmazeutische Industrie – als auch in neuen Sektoren eine Führungsrolle einnimmt, muss die Regierung einen risikotoleranteren und kreativeren Ansatz in der WTI-Politik verfolgen.

Die ökologische und digitale Transformation verändert Deutschlands innovative Industriezweige

Das Verarbeitende Gewerbe ist das Zentrum des Innovationssystems des Landes. Innovation entwickelt häufig eine positive Dynamik, in der Erfolg weitere Erfolge bewirkt. Das gilt auch für die Innovation im deutschen Unternehmenssektor. Investitionen in Bildung, Kompetenzen, Technologie und immaterielles Kapital stützen den andauernden Innovationserfolg in einem breiten Fächer von Branchen, insbesondere in der Automobilindustrie und im Maschinenbau. Diese kontinuierliche Innovationstätigkeit hat mehrere Jahrzehnte lang die internationale Wettbewerbsfähigkeit gesichert, was wiederum die Abhängigkeit des sozioökonomischen Wohlergehens vom Handel verstärkt hat. Die Bedeutung der Industrie für Investitionen, Arbeitsplätze und Innovationen prägt die deutsche WTI-Politik und bewirkt, dass politische Programme und Instrumente auf Unternehmen in den entsprechenden Industriebereichen ausgerichtet sind. Doch während Erfolg in der Vergangenheit häufig zu weiteren Erfolgen führte, ist die damalige Leistung heute kein Garant mehr für künftige Wettbewerbsfähigkeit. Das gilt insbesondere in einem Kontext, in dem die innovativen Branchen in Deutschland einem radikalen Wandel ausgesetzt sind.

Die Vorteile des deutschen Wirtschaftsmodells sind klar ersichtlich, es stellt sich aber die Frage, ob die Dominanz bestimmter industrieller Wirtschaftszweige im deutschen WTI-System die Kapazitäten in anderen Branchen beeinträchtigt hat, insbesondere im Bereich der digitalen Technologien, der fortgeschrittenen IKT und der Spitzentechnologien für die ökologische Transformation. Die Digitalisierung der Unternehmen weist in Deutschland eindeutig einen Rückstand gegenüber anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften auf. Zurückzuführen ist dies teilweise auf den langsamen Ausbau einer hochwertigen Breitbandinfrastruktur, relativ niedrige öffentliche Investitionen und unzureichende Unternehmensinvestitionen in immaterielles Kapital – Know-how, Software, geistiges Eigentum sowie Daten- und Managementkapazitäten –, das erforderlich ist, um das innovative Potenzial der digitalen Transformation auszuschöpfen. Dies hat zur Folge, dass die deutsche Wirtschaft, vermutlich eine der weltweit größten Quellen für Industriedaten, einen entscheidenden Input für Innovationen nur unzureichend nutzt. Neben der Herausforderung, die Kompetenzen vom Maschinenbau in digitale Bereiche zu lenken, besteht auch die Schwierigkeit, neue Geschäftsmodelle zu fördern, die auf digitalen Technologien basieren.

Die Digitalisierung in Deutschland weist einen Rückstand auf und findet ebenso wie die Entwicklung von Kompetenzen für Schlüsseltechnologien in einem Kontext statt, in dem sich die meisten innovativen Branchen des Landes und die Märkte, die sie bedienen, maßgeblich verändern. Deutschland muss folglich die Innovationstätigkeit im Hinblick auf Verfahren, Produkte und Ziele überdenken. Technologien wie Quantencomputing und künstliche Intelligenz sowie die Mikroelektronik, die ihnen zugrunde liegt, erfordern andere Kompetenzen als Branchen – wie beispielsweise der Maschinenbau –, in denen Deutschland in der Vergangenheit dominierte.

Im Einklang mit der im Rahmen des Pariser Klimaabkommens eingegangenen Verpflichtung zur Erzielung weltweiter CO₂-Neutralität in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts arbeitet Deutschland daran, bis 2050 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Die Verwirklichung dieses Ziels erfordert eine radikale Verringerung des Treibhausgas-Fußabdrucks der großen Emittenten, wie der Industrie und des Verkehrs, durch die Umstellung auf nachhaltigere Produktionsmethoden und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung. Auf manchen Gebieten – etwa hinsichtlich der individuellen Mobilität – müssen auch Gesellschaft und Verbraucher*innen ihr Verhalten ändern. Diese Transformationsprozesse stellen die Industrie und die Gesellschaft nicht nur vor neue Herausforderungen, sondern verändern auch die Märkte, auf die sich einige der innovativsten deutschen Branchen stützen, grundlegend.

Hinzu kommt, dass die steigende Bedeutung von digitalen Technologien und von Technologien für umweltfreundlichere und weniger CO₂-intensive Produktionsmethoden und Erzeugnisse auch Folgen für eine Reihe von Deutschlands international ausgerichteten Industriezweigen hat. Das Verarbeitende Gewerbe ist beispielsweise stark auf Vorleistungen wie Halbleiter und sonstige Mikroelektronik angewiesen, um die sich ändernden Verbrauchererwartungen zu erfüllen, hängt derzeit aber stark von einer geringen Zahl ausländischer Lieferanten ab. Zum einen beeinträchtigt dies die Resilienz – das hat sich während der Coronapandemie gezeigt. Zum anderen wirft es aber auch die Frage auf, ob diese Abhängigkeit das Verarbeitende Gewerbe daran hindert, Innovationskapazitäten in Kernbereichen der künftigen Wertschöpfung aufzubauen.

Der Staat hat die wichtige Aufgabe, diese Transformation zu steuern, die kurz- und mittelfristigen Anpassungskosten zu mindern und die Sprunginnovationen der Zukunftsmärkte zu fördern. Außerdem müssen die Hemmnisse abgebaut werden, die die Entwicklung der Innovationskompetenzen in wichtigen Bereichen der digitalen und ökologischen Transformation in Deutschland behindern. Unter anderem betrifft dies Finanzierungsfragen, die Risikobereitschaft der Politik, Teilhabe und Vielfalt in der Innovationstätigkeit oder auch die Vermarktung wirkungsvoller Forschung. Programme wie SPRIND und die BMWK-Initiative „Von der Idee zum Markterfolg“ sind wichtige Schritte in diese Richtung, es muss jedoch noch mehr getan werden.

Es gibt drei wichtige Bereiche, in denen Deutschland handeln muss, um den künftigen Erfolg zu sichern

Um die Herausforderungen, mit denen die WTI-Politik in Deutschland konfrontiert ist, zu bewältigen, müssen die Entscheidungsträger*innen klären, *wie* die künftige Innovationspolitik gestaltet werden soll und *was* erreicht werden soll (Abbildung B).

Ein neuer Ansatz für die WTI-Politik in Deutschland

- **Steuerung und Governance des deutschen WTI-Systems:** Die Regierung sollte eine klare Vision entwickeln, was Erfolg in der digitalen und ökologischen Transformation bedeutet und wie das WTI-System dazu beitragen sollte. Ein Schwerpunkt der Governance sollte darin bestehen, die Teilhabe zu sichern, indem bisher unterrepräsentierte Gruppen – beispielsweise Frauen und Migrant*innen – und von den künftigen Veränderungen Betroffene einbezogen werden. Viele Kernfragen können nur gemeinsam mit anderen Ländern gelöst werden; bei der Governance und Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die ökologische Transformation muss Deutschland deshalb auf EU-Ebene und darüber hinaus eine Führungsrolle übernehmen.
- **Agile und experimentierfreudige Politik zur Unterstützung der Innovation im Privatsektor:** Erfolg hängt im Kontext der Transformation davon ab, inwieweit die Grenzen des derzeitigen Wissens und der bisherigen technologischen Fähigkeiten überwunden werden. Um diese Grenzen zu überschreiten und die globale Innovationsführerschaft Deutschlands zu konsolidieren, ist ein agilerer und experimentierfreudigerer Ansatz erforderlich und die Politik muss bereit sein, den Innovationsträgern des Landes kreativ regulatorische Sicherheit zu bieten. Das im Bericht vorgeschlagene Labor könnte als zentrale Plattform dienen, um experimentierfreudige Politik zu fördern und besonders vielversprechende Ansätze zu skalieren.

Schlüsselmaßnahmen zur Unterstützung der Innovation in der digitalen und ökologischen Transformation

- **Politische Maßnahmen, die die Schaffung von Märkten und Sprunginnovationen unterstützen können:** Ein risikotoleranteres Vorgehen der Regierung zur Unterstützung von Sprunginnovationen könnte die Vermarktung von wirkungsvollen Innovationen beschleunigen und die Schaffung von Zukunftsmärkten fördern. Die Politik sollte außerdem sicherstellen,

dass Unternehmen auf die für ihre Innovationstätigkeit erforderlichen Daten zugreifen können und die nötigen Kompetenzen zu deren Verarbeitung sowie zur Nutzung anderer Inputs besitzen. Darüber hinaus sollte sie die dafür erforderliche Infrastruktur bereitstellen und sicherstellen, dass wirkungsvolle Ideen und Forschungsergebnisse zwischen den Sektoren und Disziplinen ausgetauscht werden können.

Abbildung B. Überblick über die Empfehlungen



Es ist normal, dass die öffentlichen Haushalte in Krisenzeiten, in denen die Regierungen hohe und unerwartete Ausgaben tätigen müssen, unter Druck kommen können und dass legitimen sozialen Anliegen Priorität gegenüber der WTI-Politik eingeräumt wird. In diesem Bericht wird deshalb der Schwerpunkt auf neue Verfahren und Ansätze gelegt, die keine zusätzlichen Finanzmittel erfordern. Dazu gehört z. B. eine experimentierfreudige und flexible Regulierung oder auch der verstärkte Einsatz der öffentlichen Beschaffung zur Stärkung der Innovation. Die Empfehlungen sind durchführbar und wirkungsvoll – trotz der unsicheren Entwicklung der öffentlichen Haushalte in den kommenden Jahren.

Teil I Gesamtbeurteilung und Empfehlungen

1 Gesamtbeurteilung und Empfehlungen

Die Gesamtbeurteilung und Empfehlungen des Berichts zur Innovationspolitik in Deutschland zeigen, dass das deutsche Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (WTI-System) zwar zu den leistungsfähigsten der Welt gehört, in den kommenden Jahren aber mit einer Reihe von innovationsbezogenen Herausforderungen in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit konfrontiert ist. Die Empfehlungen dienen als Antworten auf diese Herausforderungen und beziehen sich auf zwei wesentliche Aspekte. Erstens sollten die Grundlagen des WTI-Systems und der dieses System stützenden WTI-Politik verbessert werden, damit es effizienter, effektiver und inklusiver wird. Zweitens sollte sichergestellt werden, dass die WTI-Politik auf die Herausforderungen der Zukunft vorbereitet, wobei der Schwerpunkt auf neue Kompetenzen, Politikansätze und Governance gelegt werden sollte.

Zusammenfassung der Empfehlungen

Empfehlung 1: Eine gemeinsame Vision „Deutschland 2030 und 2050“ entwickeln

Die Bundesregierung sollte ein ressort-, länder-, institutionen- und sektorenübergreifendes Forum einrichten, um den Prozess der Entwicklung einer gemeinsamen Vision zu steuern, die auf identifizierten prioritären Handlungsbereichen aufbaut.

Empfehlung 2: Ein öffentlich-privates Labor für experimentierfreudige und agile Innovationspolitik einrichten

Ein solches Labor würde die Erprobung, die Umsetzung und das Monitoring von Innovationspolitik unterstützen und die Vision des Forums fördern. Es würde die Agilität der Politikmaßnahmen stärken und sich gegebenenfalls für Veränderungen und Experimentierfreude einsetzen.

Empfehlung 3: Ausweitung und Verankerung agiler politischer Instrumente zur Unterstützung von Innovationsbemühungen kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) im Rahmen der digitalen und ökologischen Transformationen

Der Abbau bürokratischer und administrativer Barrieren für innovative KMU und Start-up-Unternehmen und die Digitalisierung der Verwaltungsleistungen gegenüber Unternehmen sollten eine Priorität darstellen. Der Einsatz von Reallaboren sollte ausgeweitet werden.

Empfehlung 4: Dateninfrastruktur und -zugang verbessern, vor allem in der Industrie

Die Regierung sollte die Dateninfrastruktur verbessern und die digitale Aufnahmekapazität der Unternehmen erhöhen, damit sie Industriedaten für Innovationszwecke nutzen können. Außerdem sollte sie offene Innovationsplattformen und Netzwerke für datenbasierte und kollaborative Innovationsaktivitäten fördern.

Empfehlung 5: Den disziplinen- und sektorübergreifenden Wissenstransfer und die Zusammenarbeit in diesem Bereich verbessern

Um den Wissenstransfer zu verbessern, sollte die Regierung die Zusammenarbeit von Hochschulen mit der Industrie stärken, u. a. indem sie den Aufbau von Fonds für Ausgründungen anregt. Außerdem sollte sie die multidisziplinäre und unternehmerische Ausbildung innerhalb des gesamten Bildungssystems unterstützen.

Empfehlung 6: Finanzmärkte fördern, die ein Aufskalieren von Sprunginnovationen fördern

Deutschland sollte mehr institutionelle Investitionen in Start-ups und eine höhere Risikotoleranz unterstützen. Die Regierung sollte regulatorische Hindernisse für die Start-up-Finanzierung abbauen, damit Deutschland dank besserer Wachstumsmöglichkeiten für vielversprechende Start-ups attraktiver wird.

Empfehlung 7: Den Einsatz der öffentlichen Auftragsvergabe als Innovationstreiber stärken

Die Regierung sollte die innovationsfreundliche Beschaffung durch bessere Ausbildung des mit öffentlicher Auftragsvergabe betrauten Personals fördern, die Risikotoleranz bei der Beschaffung erhöhen und die vorkommerzielle Auftragsvergabe erweitern, um die Verbreitung neuer Technologien in der ganzen Wirtschaft zu beschleunigen.

Empfehlung 8: Die Zivilgesellschaft und wichtige Akteur*innen stärker in die WTI-Politik einbeziehen, um Transformationen zu erreichen

Die Regierung sollte die Zivilgesellschaft stärker in die Gestaltung der WTI-Politik einbeziehen und die Vielfalt im Innovationsystem fördern, insbesondere um die digitale und ökologische Transformation voranzubringen.

Empfehlung 9: Qualitätsinfrastruktur digitalisieren, modernisieren und als Werkzeug einsetzen

Die Regierung sollte die Qualitätsinfrastruktur – insbesondere Standards und Normen – digitalisieren und modernisieren, um Deutschlands weltweite Führungsposition bei der Festlegung von Standards und Regeln zu stärken. Die Qualitätsinfrastruktur sollte strategischer eingesetzt werden.

Empfehlung 10: Eine Führungsrolle bei der Gestaltung innovationsbezogener Politik in der EU und weltweit übernehmen

Deutschland sollte bei der Gestaltung der Innovationspolitik auf EU-Ebene eine aktivere Rolle einnehmen, um sicherzustellen, dass die Politik die aktuellen und künftigen Innovationsanforderungen Deutschlands wie auch der Europäischen Union insgesamt berücksichtigt.

Einleitung

In Deutschland ist das Jahr 2022 durch die nahezu zwei Jahre andauernden Verwerfungen geprägt, die durch die weltweite Coronapandemie verursacht wurden. Die russische Invasion in der Ukraine im Februar 2022 löste einen weiteren Schock aus. Mobilitätseinschränkungen wirkten sich auf die Geschäftstätigkeit und den Konsum im Inland aus, während Störungen in den Lieferketten einen erheblichen Einfluss auf viele der wettbewerbsfähigsten Industriebranchen in Deutschland hatten. Russlands Krieg gegen die Ukraine hat den Handel mit Energie und Rohstoffen stark beeinträchtigt. Die erneuten politischen Debatten, die aus diesen Ereignissen resultieren, betreffen Themen wie die Diversifizierung der Energieträger und Innovationen für erneuerbare Energien und Dekarbonisierung sowie die technologische Souveränität bei der Entwicklung und Herstellung von wichtigen Vorprodukten, die in der deutschen Industrie als Inputs eingesetzt werden. Die neue Bundesregierung hat eine ehrgeizige Reformagenda aufgestellt, um diesen Herausforderungen zu begegnen und strukturpolitische Zielsetzungen zu adressieren, insbesondere die Beschleunigung der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft und der Modernisierung der deutschen Verwaltung sowie den Übergang zu einer nachhaltigeren sozioökonomischen Zukunft. Das deutsche Innovationsökosystem ist von entscheidender Bedeutung, um diese Ziele zu erreichen.

Die beiden großen Transformationsprozesse bringen Chancen und Herausforderungen für das zukünftige sozioökonomische Wohlergehen Deutschlands mit sich. Beim ersten Prozess handelt es sich um die digitale Transformation, die sowohl Auswirkungen auf die Arten von Gütern hat, die deutsche Hersteller produzieren – z. B. digitale Komponenten für Fahrzeuge –, als auch auf die Nutzung fortgeschrittener Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), um Neuland in der Pharmaindustrie und der Gesundheitsversorgung zu erschließen. Dementsprechend werden die Unternehmen ihre Abläufe dank Daten und anderer digitaler Instrumente, die Geschäftsprozesse verändern und radikal verbessern können, optimieren müssen. Der zweite Transformationsprozess betrifft den Übergang Deutschlands zu einer umweltfreundlicheren und nachhaltigeren Wirtschaft. Im Einklang mit der im Rahmen des Pariser Klimaabkommens eingegangenen Verpflichtung zur Erzielung weltweiter CO₂-Neutralität in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts arbeitet Deutschland daran, bis 2050 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Die Verwirklichung dieses Ziels erfordert eine radikale Verringerung des Treibhausgas-Fußabdrucks der großen Emittenten, wie der Industrie und des Verkehrs, durch die Umstellung auf nachhaltigere Produktionsmethoden, die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung und mitunter – wie bei der individuellen Mobilität – eine Veränderung des Verhaltens von Gesellschaft und Verbraucher*innen. Diese Transformationsprozesse sind komplex und basieren auf WTI, um zu gewährleisten, dass sie zu Chancen und nicht nur zu Herausforderungen werden. Beispiele hierfür sind die Herausforderungen für die führende Weltmarktposition Deutschlands in der Automobilindustrie, da die Bedeutung der digitalen Wertschöpfung zunimmt, oder in der Industrie, wo Forderungen nach einer ökologisch nachhaltigeren Entwicklung zu Kostenerhöhungen bei den traditionellen Produktionsmethoden führen werden.

Die Coronakrise und Russlands Krieg gegen die Ukraine verdeutlichen, wie wichtig es ist, die Resilienz globaler Wertschöpfungsketten zu stärken. Störungen bei den Produktionskapazitäten der deutschen Industrie, insbesondere die Lieferkettenprobleme bei Vorprodukten, die durch die anhaltenden Lockdowns in China verursacht werden, und die Folgen des Kriegs für die globalen Energiehandelsströme wirken sich ebenfalls grundlegend auf die Innovationskapazitäten deutscher Unternehmen aus. Darüber hinaus ist die Frage der Lieferkettenresilienz noch komplexer geworden, da der Pool der Lieferanten von wichtigen mineralischen Rohstoffen und anderen Inputs, die für Technologien zur Unterstützung des ökologischen Wandels erforderlich sind, nicht ausreichend differenziert ist. Diese Fragen des Aufbaus robuster Wertschöpfungsketten, in denen die deutsche Industrie zentrale Positionen mit hoher Wertschöpfung einnimmt, erlangen somit systemische Bedeutung.

Dieser Bericht liefert Erkenntnisse und Optionen zu zentralen Fragen bezüglich des deutschen Innovationssystems aus der Perspektive der Innovationspolitik. In den kommenden Jahren werden

die Politikverantwortlichen in Deutschland eine Reihe von Fragen beantworten müssen, die in dieser Studie aufgeworfen werden. Welcher Politikansatz eignet sich z. B. am besten, um das Innovationsökosystem im Kontext der komplexen digitalen Transformation und Nachhaltigkeitswende zu unterstützen? Welche Auswirkungen haben die unterschiedlichen Bedingungen für die Beteiligung mittelständischer und großer Unternehmen an Innovationsaktivitäten, und wie können diese am besten adressiert werden? Wie sieht ein stimmiger Maßnahmenkatalog in der Innovationspolitik aus, um den aktuellen und künftigen Anforderungen an das Innovationssystem gerecht zu werden, insbesondere wenn diese Anforderungen eine größere systemische Agilität verlangen? Wie können Vorschriften, Normen und Infrastrukturen Innovationen fördern, und was impliziert dies für die Politikgestaltung? Welche Bedingungen sollten geschaffen werden, um die Gründung und das Wachstum von Start-ups zu unterstützen, und wie können Start-ups zur Bewältigung der oben genannten transformativen Herausforderungen beitragen? Welche Anstrengungen sind notwendig, um Schlüsseltechnologien zu entwickeln, die für die Wettbewerbsfähigkeit und Transformationen der Zukunft erforderlich sind? Wie können die Bedingungen für Wissen, Technologie und den erfolgreichen Transfer von im „Labor“ entwickelten Erfindungen an den Markt verbessert werden? Welche Governance-Modelle, einschließlich Konzepten zur Einbeziehung der Öffentlichkeit (Ko-Kreation), sind für mehr Agilität im Innovationssystem maßgeblich? Welche Instrumente und Ansätze können dem öffentlichen Sektor bei seinem Beitrag zum Innovationssystem behilflich sein?

Die wirtschaftliche Stärke Deutschlands wird durch eines der fortschrittlichsten Innovationssysteme der Welt gestützt. Deutschland ist sowohl bei den öffentlichen als auch den privaten Innovationsinvestitionen international führend und verfügt über enge Verbindungen zwischen Forschung und Industrie, die die internationale Wettbewerbsfähigkeit und das sozioökonomische Wohlergehen des Landes stützen. Dieses starke WTI-Ökosystem hat eine eindeutige Wirkung auf die Wirtschaft: Deutsche Unternehmen – von einigen der größten Automobilhersteller weltweit bis hin zu den „Hidden Champions“ des Mittelstands – gehören durchgehend zu den innovationsintensivsten der Welt. Das langjährige Engagement der Bundesregierung zur Förderung von Forschung und Innovation im privaten Sektor, insbesondere im Mittelstand, hat zu diesem Erfolg beigetragen. Ein weiterer positiver Effekt der deutschen Politik zugunsten einer hohen Innovationsintensität ist, dass die Wirtschaft sich weiter auf ein bedeutendes Verarbeitendes Gewerbe stützen kann und stark exportorientiert bleibt.

Trotz dieser Stärken ist Deutschland mit Herausforderungen konfrontiert, die seine weltweite Führungsposition im Bereich Innovation bedrohen. Beeinträchtigt wird das derzeitige WTI-System durch die schwache Dynamik bei der Gründung innovativer Unternehmen, Schwierigkeiten bei der Umsetzung neuer Ideen und Ergebnisse aus der öffentlichen Forschung in neue technologische Lösungen und Innovationen (d. h. neue Produkte oder Dienstleistungen), die langsame Einführung digitaler Technologien und das ungenutzte Potenzial der Vielfalt, wie z. B. eine stärkere Beteiligung von Frauen.

Die Vorbereitung auf die bevorstehenden großen Transformationen erfordert einen neuen Ansatz in der Innovationspolitik. Deutschlands traditionelle WTI-Stärken sind eng mit den Bedürfnissen der bestehenden Industriebranchen verwoben. Um den künftigen Anforderungen gerecht zu werden, müssen die notwendigen Kapazitäten für den Innovationserfolg im Kontext der doppelten Transformation, d. h. der Wende zu ökologischer Nachhaltigkeit und der Digitalisierung, entwickelt und die Resilienz der für den Innovationserfolg erforderlichen Lieferketten – von Energie bis zu digitalen Komponenten – verbessert werden. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen müssen die Politikverantwortlichen auf dem soliden Fundament des WTI-Systems aufbauen, die Gestaltung und Umsetzung der WTI-Politik jedoch reformieren. Dieser neue Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass er risikotoleranter, agiler und mitunter direktional ist. Neue Akteure werden dabei ebenso wertgeschätzt wie bereits etablierte. Im Fokus stehen die notwendigen Kompetenzen von morgen und nicht die von gestern.

In diesem Kapitel werden die Gesamtbeurteilung und die Empfehlungen dieses OECD-Berichts zur Innovationspolitik Deutschland vorgestellt. Abschnitt 1 liefert Hintergründe für die Analyse. In Abschnitt 2 werden die wichtigsten Merkmale des deutschen Innovationssystems erläutert. Abschnitt 3 gibt einen Überblick über die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (Strengths, Weaknesses,

Opportunities, Threats – SWOT) des Systems und Abschnitt 4 beleuchtet seine strukturellen Stärken und Schwächen. In Abschnitt 5 wird erörtert, inwieweit das Innovationssystem auf künftige Herausforderungen vorbereitet ist. Abschnitt 6 schließt mit Empfehlungen für die Bundesregierung, die sich auf die in diesem Bericht enthaltene Analyse stützen.

1.1. Überblick über das deutsche Innovationssystem

Deutschland war 2021 – gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) – die größte Volkswirtschaft Europas und die fünftgrößte Volkswirtschaft der Welt. Auch bei den wichtigsten Wohlstandsindikatoren gehörte es zu den führenden OECD-Ländern (OECD, 2020^[1]; IWF, 2022^[2]).¹ Im OECD-Raum ist Deutschland das Land mit dem niedrigsten Anteil an Menschen (5,9 % der Bevölkerung), die laut eigenen Angaben Schwierigkeiten haben, mit ihrem Geld auszukommen. Beim Haushaltseinkommen liegt Deutschland in der Spitzengruppe (5. Platz). Es verfügt zudem über eine gut ausgebildete und hochqualifizierte Bevölkerung, wie das erfolgreiche Abschneiden 2018 in der OECD-Erhebung über die Kompetenzen Erwachsener (PIAAC) im Vergleich zum OECD-Durchschnitt zeigt (OECD, 2019^[3]). 35 % der 25- bis 35-Jährigen besitzen einen Tertiärabschluss, was weniger ist als im OECD-Durchschnitt (45 %) (OECD, 2021^[4]).

Dies erklärt sich z. T. aus dem erfolgreichen Berufsbildungssystem (2018), das eine wesentliche Stärke des deutschen Innovationssystems und der deutschen Wirtschaft im weiteren Sinne ist. Die Bundesregierung verfügt über vielfältige und finanziell gut ausgestattete Programme und Instrumente zur Unterstützung der Innovationspolitik. Im Mittelpunkt steht dabei insbesondere der Technologietransfer an KMU. Der Ansatz der Bundesregierung in der WTI-Politik besteht aus mehreren zentralen Komponenten. Eine davon ist die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) entwickelte „Transferinitiative“, mit der Hemmnisse beim Technologietransfer zwischen Forschung und Wirtschaft beseitigt werden sollen. Die Dachinitiative „Von der Idee zum Markterfolg“ umfasst Programme, die in unterschiedlichen Phasen des Innovationsprozesses ansetzen, um den Transfer von Technologie in den Markt zu beschleunigen. Die deutsche Innovationspolitik für KMU wird größtenteils über das „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) umgesetzt, das vor allem die Kollaboration zwischen Unternehmen in verschiedenen Bereichen mit marktorientierter und risikoreicher Innovationstätigkeit fördert. Die Bundesregierung hat darüber hinaus Schritte unternommen, damit der öffentliche Sektor die Technologiediffusion und die Kommerzialisierung neuer Ideen aktiver vorantreiben kann. Ein wichtiges Beispiel dafür ist die Einrichtung des Kompetenzzentrums Innovative Beschaffung (KOINNO), das u. a. Mechanismen zur Förderung der vorkommerziellen Auftragsvergabe festlegt und damit den Transfer von vielversprechenden Ideen in den Markt beschleunigt. Im Zuge der wachsenden Aufmerksamkeit der Politik für „bahnbrechende“ Innovationen hat die Bundesregierung 2021 die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) gegründet.

Gezielte Zuwendungen sind eines der wichtigsten Politikinstrumente zur Förderung der Innovationstätigkeit in KMU. Mit mehr als 3 000 neuen Projekten pro Jahr und einem Fördervolumen von 555 Mio. EUR im Jahr 2020 ist das ZIM das größte und meistgenutzte Programm. Das ZIM fördert vor allem die Kollaboration zwischen Unternehmen in verschiedenen Bereichen mit marktorientierter und risikoreicher Innovationstätigkeit. Dabei wurden viele Erstantragsteller unterstützt. Einer Evaluierung aus dem Jahr 2019 zufolge lag der Anteil der geförderten Erstantragsteller fast zehn Jahre nach Programmstart bei 42 % (Kaufmann et al., 2019^[5]). Ein wichtiger Schwerpunkt des Programms ist es, neue junge Unternehmen für die Teilnahme zu gewinnen und den Mittelstand bei der digitalen und der ökologischen Transformation zu unterstützen. Zu den anderen Programmen gehören das neue „Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen“ (IGP), das auf marktnahe, nichttechnische Innovationen ausgerichtet ist (mit einem Fördervolumen von 35 Mio. EUR in der Pilotphase), das Programm „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) für vormarktlche Forschungsk Kooperationen (jährliches Förderbudget: 169 Mio. EUR) und das Transferprogramm „INNO-KOM“, das auch Unternehmen in strukturschwächeren

Regionen unterstützt (jährliche Fördermittel: 71 Mio. EUR). Zusätzliche thematische Programme zielen auf die Innovationsförderung in bestimmten Technologiebereichen (z. B. Energietechnologien, Biotechnologie und Werkstoffe) und den Aufbau von Forschungspartnerschaften zwischen Industrie und Wissenschaft.

Fertigungs- und Technologieinnovationen stützen die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und tragen zum sozioökonomischen Wohlstand bei. Deutschland hat wirtschaftliche, produktive und innovative Stärken in einer Reihe von dynamischen Industriebranchen. Der Maschinenbau und die Elektroindustrie, die Automobilindustrie sowie die Chemiebranche und die Pharmaindustrie weisen die höchste Wertschöpfung und Bruttoproduktion im Euroraum auf.

Der Unternehmenssektor und das WTI-System in Deutschland werden generell durch hohe Investitionen gestützt. Investitionslücken könnten die Innovationsleistung allerdings dämpfen. Gestützt wird die Produktionsbasis durch die höchsten Bruttoanlageinvestitionen und den höchsten Bruttokapitalstock im Euroraum sowohl auf gesamtwirtschaftlicher Ebene als auch in Schlüsselindustrien und -sektoren der Wirtschaft. Deutschland besetzt eine führende Position bei Aktivitäten mit mittlerer und hoher Forschungs- und Entwicklungsintensität (1. Platz) sowie in der Industrie (einschließlich Verarbeitendes Gewerbe) (1. Platz) (OECD, 2020_[6]).² Das jährliche Wachstum der Bruttoanlageinvestitionen ist aber seit einigen Jahren vergleichsweise schwach, selbst wenn man die pandemiebedingten Schocks außer Acht lässt. 2019 belief es sich auf 1,8 %, gegenüber 3,4 % im Jahr 2018. Damit blieb Deutschland hinter den Vereinigten Staaten (3,3 %) und Frankreich (4 %) zurück (OECD, 2022_[7]).

Das Produktivitätswachstum war im Zehnjahreszeitraum nach der globalen Finanzkrise von 2008–2009 deutlich niedriger als in den vorangegangenen zehn Jahren. Dies ist auf eine Reihe von investitionsspezifischen Fragen zurückzuführen. Beispielsweise waren, wie im *OECD-Wirtschaftsbericht Deutschland 2020* festgestellt wurde, die öffentlichen Investitionen – insbesondere in die digitale und physische Infrastruktur – in den letzten zehn Jahren zu gering, was zu einem öffentlichen Investitionsstau von rd. 450 Mrd. EUR geführt hat (OECD, 2020_[8]). Auch die Investitionen in immaterielle Vermögenswerte verharrten in Deutschland mit 9,2 % der Wertschöpfung im Zeitraum 2000–2015 auf einem niedrigen Niveau und lagen unter dem EU-Durchschnitt (Roth, 2020_[9]). Auffallend ist ebenfalls, dass der Anteil der IKT-Investitionen an den gesamten Bruttoanlageinvestitionen in Deutschland im Jahr 2019, dem letzten verfügbaren Jahr, mit 6,6 % so niedrig war wie in keinem anderen G7-Land (OECD, 2022_[10]). In Frankreich und den Vereinigten Staaten dagegen lag der Anteil der IKT-Investitionen an den gesamten Bruttoanlageinvestitionen bei 18,4 % bzw. 17,1 %. Ein ähnlicher, wenn auch weniger eklatanter Unterschied zeigt sich beim Anteil des geistigen Eigentums an den gesamten Bruttoanlageinvestitionen, der 2020, dem letzten Jahr, für das Daten vorliegen, in Deutschland 18,1 % betrug. In den Vereinigten Staaten belief sich dieser Anteil im Jahr 2020 auf 29,4 %, in Frankreich auf 25,4 %, im Vereinigten Königreich auf 22,3 % und in Japan auf 21,6 % (ebd.).

Deutschland ist international führend bei FuE-Investitionen. Deutschland wies 2020 die weltweit sechsthöchsten Bruttoinlandsausgaben für FuE (BAFE) in Prozent des BIP auf (3,14 % des BIP, 110 Mrd. USD) und übertraf damit das im Jahr 2000 vom Europäischen Rat in Barcelona festgelegte Ziel, die BAFE in den EU-Mitgliedstaaten auf 3 % des BIP anzuheben. Auf nationaler Ebene werden bis 2025 3,5 % des BIP anvisiert. 2019 beliefen sich die deutschen BAFE auf 3,19 % des BIP (110 Mrd. EUR). Dies war sowohl relativ als auch in nominaler Rechnung der vierthöchste Wert weltweit, nach den Vereinigten Staaten, der Volksrepublik China (im Folgenden „China“) und Japan (OECD, 2022_[11]). 2020 betrugen die Ausgaben des Unternehmenssektors für Forschung und Entwicklung (BERD) 91 Mrd. USD (78 Mrd. EUR). Im OECD-Raum entsprach dies nominal dem dritthöchsten Wert und im Verhältnis zum BIP (2,2 % des BIP) dem achthöchsten Anteil. Weltweit verzeichnete Deutschland bei den BERD den neunthöchsten BIP-Anteil (OECD, o. J._[12]). Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Hochschulsektor lagen in Deutschland bei 0,6 % des BIP (22,2 Mrd. EUR), was in nominaler Rechnung der dritthöchste Wert weltweit war, übertroffen nur von den Vereinigten Staaten und China. Auch bei den FuE-Aufwendungen des Staatssektors (GOVERD) rangierte Deutschland mit 17,4 Mrd. EUR an dritter Stelle, und im Verhältnis zum BIP stand es hinter Korea an zweiter Stelle (0,4 % des BIP).

Die hohen FuE-Ausgaben haben zu einer starken Innovationsleistung geführt, was sich u. a. an Deutschlands großem Anteil an den Patentanmeldungen weltweit zeigt.³ Dieser Bericht stützt sich dabei soweit wie möglich auf zusätzliche Indikatoren wie Marken und Lizenzen. 2020 entfielen 30 % aller Patentanmeldungen gemäß PCT (Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens) in Europa und 6,7 % in der Welt auf Deutschland. Damit war es nach den Vereinigten Staaten der zweitgrößte Anmelder beim Europäischen Patentamt (EPA). Zudem ist der Anteil deutscher Unternehmen bei hochwertigen Patenten höher als bei allen anderen Patenten. 2016 (das letzte Jahr, für das Daten vorliegen) verzeichnete Deutschland 9,2 % der weltweiten IP5-Patentanmeldungen und lag damit knapp hinter Korea (9,9 %) und China (10,6 %). Die größten Anteile wiesen die Vereinigten Staaten (19,2 %) und Japan (28,5 %) auf (OECD, o. J._[13]).⁴ Innerhalb der triadischen Patentfamilien⁵ fiel der Anteil Deutschlands im letzten Jahr mit vergleichbaren Daten (2016) mit 7,8 % etwas geringer aus, wenngleich es den drittgrößten Anteil nach Japan (34,7 %) und den Vereinigten Staaten (26 %) stellte. Deutschland hat außerdem einen weltweit signifikanten Anteil an triadischen Patenten in Zukunftsbereichen wie Umweltmanagement (10 %), Klimaschutztechnologien (10 %), Arzneimittel (5,6 %) und Biotechnologien (5,6 %) (OECD, o. J._[13]). Die guten Ergebnisse Deutschlands im internationalen Vergleich der Patentaktivitäten spiegeln auch die Patentierungsneigung vieler seiner führenden Industriebranchen wider.

Das deutsche Innovationssystem ist stark internationalisiert und wettbewerbsorientiert. Große innovative Unternehmen sind in zahlreichen Sektoren führend. Die offene und handelsintensive Wirtschaft verfügt über enge und gut entwickelte Verknüpfungen mit globalen Wertschöpfungsketten, und ist in hohem Maße auf Vorleistungsimporte für die Produktion und Auslandsnachfrage für den Produktabsatz angewiesen. Dank seiner Innovationstätigkeit konnte Deutschland seine Vorreiterrolle in der Weltwirtschaft halten, wobei der Export von hochwertigen Gütern mit hoher Wertschöpfung durch eine starke Auslandsnachfrage, vor allem aus anderen europäischen Ländern, getragen wird. Die meisten PCT-Patentanmeldungen innerhalb Deutschlands verzeichneten 2020 Robert Bosch (4 033 Anmeldungen), Schaeffler Technologies (1 907) und BMW (1 874) (DPMA, o. J._[14]). Im selben Jahr firmierten unter den Top 25 der Patentanmeldungen beim EPA vier deutsche Unternehmen – Siemens (6. Platz), Robert Bosch (7. Platz), BASF (10. Platz) und Continental (24. Platz). Damit war Deutschland der EU28-Staat mit den meisten Unternehmen unter den Top 25. Robert Bosch (1 516), Siemens (1 416) und BASF (1 188) verzeichneten die meisten deutschen Anmeldungen beim EPA (EPA, 2021_[15]). Mit 124 Unternehmen unter den 2 500 größten FuE-Investoren weltweit (Daten für 2019) kommt fast ein Viertel der innovativsten Unternehmen Europas aus Deutschland. Weltweit verfügt Deutschland nach den Vereinigten Staaten (775), China (536) und Japan (309) über die viertgrößte Kohorte an hochinnovativen Unternehmen (Europäische Kommission, 2020_[16]).

Der Mittelstand, der die überwiegende Mehrheit der Unternehmen stellt und die Hälfte der Wirtschaftsleistung erbringt, spielt eine wichtige Rolle als Innovationsmotor in Deutschland. Großunternehmen gehören zwar zu den wichtigsten Innovationsakteuren des Unternehmenssektors, sie sind aber in der Minderheit: Über 99 % der Unternehmen in Deutschland haben weniger als 500 Beschäftigte und zählen somit zum Mittelstand. Diese Kategorie umfasst sowohl Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten, die laut OECD-Definition als KMU gelten, als auch Unternehmen mit 250–500 Beschäftigten und ist in Bezug auf Größe, Beschäftigung und Innovationsbeitrag sehr heterogen: 64 % der Unternehmen haben weniger als 9 Beschäftigte und machen lediglich 4,3 % der Beschäftigung im Unternehmenssektor aus, während 28 % der Unternehmen 10–249 Beschäftigte haben und 34 % der Beschäftigung stellen (OECD, 2022_[17]). Etwa 6,5 % der deutschen Unternehmen haben 250–499 Beschäftigte, womit sie ebenfalls unter die deutsche Definition des Mittelstands fallen.

Deutschlands Hidden Champions sind für die Innovationstätigkeit des Mittelstands besonders maßgeblich. Dem BMWK zufolge gibt es in Deutschland schätzungsweise 1 300 Hidden Champions, d. h. Unternehmen, die als Weltmarktführer gelten und über besonders ausgeprägte Kompetenzen in bestimmten Technologiefeldern verfügen (BMW, 2020_[18]).⁶ Obwohl sie nur 1,8 % der mittelständischen Unternehmen mit 10–500 Beschäftigten ausmachen, weisen sie im Vergleich zu anderen Unternehmen

mit ähnlichen Merkmalen ein höheres Innovationsengagement auf. Eine neuere Studie ergab, dass Hidden Champions – definiert als Unternehmen mit einem Exportanteil von über 50 % und Absätzen außerhalb Europas, die zu den drei größten Anbietern auf ihrem Markt gehören und deren Marktwachstum den Branchendurchschnitt um 10 % übersteigt – bei Innovationsaktivitäten die Konkurrenz in den Schatten stellen. So verzeichneten die Hidden Champions über einen Zwanzigjahreszeitraum beispielsweise einen deutlich höheren Patentbestand (91 Patente pro Hidden Champion gegenüber 55 pro Unternehmen der Vergleichsgruppe). Zudem wurden erhebliche Unterschiede bei den Weiterbildungsausgaben je Beschäftigten und beim Lohnniveau festgestellt (Rammer und Spielkamp, 2019^[19]).⁷

Zwischen den Geschlechtern und verschiedenen sozioökonomischen Gruppen ist der Innovationserfolg jedoch ungleich verteilt. Weniger als jede zehnte deutsche PCT-Patentanmeldung, die 2020 eingereicht wurde, stammt von einer Erfinderin. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass Frauen in einigen der für Deutschland besonders wichtigen Innovationssektoren nach wie vor unterrepräsentiert sind, z. B. im Verkehrswesen (wo der Frauenanteil bei den PCT-Patentanmeldungen 2020 weltweit bei 9,1 % lag), in der chemischen Verfahrenstechnik (15,1 %) und im Elektromaschinenbau (11,7 %) (WIPO, 2021^[20]). Diese Unterschiede zwischen den Sektoren sind z. T. durch die anhaltend niedrige Beteiligung von Frauen in den Fächern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT) bedingt: 2018 lag die Zahl der MINT-Absolventinnen bei 11,8 je 1 000 Einwohner, gegenüber 27,8 bei den Männern (OECD, 2021^[21]). Migrant*innen und sozial benachteiligte Gruppen in Deutschland sind mit ähnlichen Teilhabeherausforderungen konfrontiert. Dies könnte den Innovationsbeitrag großer Teile der Bevölkerung beeinträchtigen.

Zwar sind bei den Patentaktivitäten regionale Unterschiede festzustellen, auf Ebene der Städte ist die geografische Konzentration der Patentanmeldungen in Deutschland jedoch weniger ausgeprägt als in anderen OECD-Ländern. In Deutschland ist die geografische Konzentration der Patentanmeldungen auf die führenden 10 %, 5 % und 1 % der Städte niedriger als in wichtigen Vergleichsländern wie Japan, den Vereinigten Staaten, dem Vereinigten Königreich und Frankreich (Paunov et al., 2019^[22]). In einigen Technologiefeldern ist die Konzentration stärker ausgeprägt, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass das Fachwissen auf eine kleine Anzahl von Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsakteuren an bestimmten Standorten konzentriert ist. So weisen beispielsweise die Patentaktivitäten im Bereich der digitalen Technologien und Biotechnologie den höchsten Konzentrationsgrad auf. Hier entfielen im Zeitraum 2010–2014 auf die führenden 10 % der Städte 41 % (digitale Technologien) bzw. 45 % (Biotechnologie) der Patentanmeldungen, was über dem Durchschnitt für alle Technologiefelder lag. Auf Pro-Kopf-Basis verzeichneten die drei führenden Regionen 123, 97 und 36 Patentanmeldungen je 100 000 Einwohner, verglichen mit 12, 7 und 7 in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt (Paunov et al., 2019^[22]). Die regionale Konzentration der Patentaktivitäten – und der Innovationsaktivitäten ganz allgemein – ist nicht unbedingt ein Zeichen von Stärke oder Schwäche, hat aber Auswirkungen auf das lokale sozioökonomische Wohlergehen und Wachstum, insbesondere vor dem Hintergrund des Strukturwandels, der einige Regionen treffen könnte.

Manche Unterschiede innerhalb des Unternehmenssektors deuten darauf hin, dass bestimmte Unternehmen bei ihren Innovationsaktivitäten hinter ihren Möglichkeiten zurückbleiben. Zwischen 2003 und 2018 stiegen die BERD von Großunternehmen (über 500 Beschäftigte) um 53 %, im Vergleich zu lediglich 17 % in Kleinunternehmen (bis zu 250 Beschäftigte) (OECD, o. J.^[12]) und 43 % in mittelgroßen Unternehmen (250–500 Beschäftigte), die zum deutschen Mittelstand zählen.

1.2. SWOT-Diagramm des deutschen Innovationssystems

Tabelle 1.1 zeigt ein synthetisches Diagramm der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats – SWOT) des deutschen Innovationssystems, auf das in den Abschnitten 1.3 und 1.4 näher eingegangen wird.

Tabelle 1.1. SWOT-Diagramm des deutschen Innovationssystems

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Ein hochinnovatives exportorientiertes Verarbeitendes Gewerbe, vor allem in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der Elektroindustrie, der Chemiebranche und der Pharmaindustrie • Große führende und standardsetzende Unternehmen mit etablierten Wertschöpfungsketten im In- und Ausland • Etablierte, international führende Forschungseinrichtungen, u. a. in der angewandten Forschung, die Industrie und Staat unterstützen • Enge Bindungen zwischen Wissenschaft, Hochschulen und Wirtschaft und erfolgreiche Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen • Günstige Rahmenbedingungen für die Innovationstätigkeit im Unternehmenssektor: ein starkes Bildungssystem, das qualifizierte Fachkräfte hervorbringt, insbesondere im Ingenieurwesen, sowie gute Angebote zur Innovationsförderung, u. a. für mittelständische Unternehmen • Ausgeprägtes Bewusstsein der Politik für die Bedeutung von Innovationen für Deutschland • Robuste und effektive Infrastruktur zur Unterstützung der WTI-Politik, die mit umfangreichen öffentlichen Mitteln und institutionellen Fördermechanismen ausgestattet ist 	<ul style="list-style-type: none"> • Mangelhafte digitale Infrastruktur und geringer Einsatz neuester digitaler Tools in kleinen Unternehmen und im öffentlichen Sektor • Fachkräftemangel in wesentlichen Kompetenzbereichen wie MINT- und digitalen Kompetenzen, insbesondere in mittelständischen Unternehmen, der durch die Auswirkungen der Bevölkerungsalterung noch verschärft wird • Begrenzte Unternehmensdynamik und eingeschränkte Expansionsmöglichkeiten für Start-ups, u. a. wegen des im Vergleich zum US-Markt geringen Wagnis- und Wachstumskapitals • Unzureichende Ausschöpfung von Diversitätspotenzialen, z. B. durch Innovationsbeiträge von Frauen, Minderheiten und verschiedenen Generationen • Defizite bei wissensintensiven Dienstleistungen und sektoren- und institutionsübergreifenden Kollaborationen, insbesondere Kollaborationen von Forschungseinrichtungen mit dem Mittelstand, die für die Nachhaltigkeitswende und die digitale Transformation entscheidend sind • Begrenzter Einsatz im öffentlichen Sektor von neuen und digitalen Tools und Ansätzen zur Bewältigung disruptiver Veränderungen und Transformationen sowie zur Verbesserung der WTI-Politik, u. a. durch öffentliche Konsultationen, Politikerprobung und fortschrittliche Datenanalyseinstrumente, die große Mengen an Daten aus dem WTI-System auswerten • Komplexer Regulierungsrahmen für die Implementierung innovativer Investitionen (z. B. in Infrastruktur), digitaler Tools und Praktiken für den Datenaustausch

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Fortschrittliche und innovative Großunternehmen und innovative mittelständische Unternehmen sind gut aufgestellt, um weltweit führende Akteure bei der Nachhaltigkeitswende und den künftigen Entwicklungen der digitalen Transformation zu werden • Die enorme Kaufkraft der öffentlichen Hand durch öffentliche Beschaffung und Investitionen ermöglicht es, die Nachfrage nach Innovationen anzukurbeln, insbesondere auf Zukunftsmärkten • Verbindungen zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen und äußerst erfolgreichen Intermediären nutzen, um vielfältiges interdisziplinäres Fachwissen zusammenzubringen, das für disruptive und digitale Innovationen erforderlich ist, ebenso wie strategischere Partnerschaften zwischen Industrie und Wissenschaft • Die Industrie- und Forschungsbasis ist gut positioniert für die Einführung neuer Technologien und die Anpassung existierender Halb- und Fertigwaren, um eine führende Position auf Zukunftsmärkten zu besetzen (z. B. Quantentechnologien, Batterien, nachhaltige Energien) • Das Gründungsklima an Hochschulen stärker fördern, indem Studierende und Forschungspersonal für die Zusammenarbeit mit der Industrie, einschließlich KMU, belohnt werden, um so Transformationsprozesse zu unterstützen • Den breiten gesellschaftlichen Konsens über die notwendige Nachhaltigkeitswende nutzen, um gesamtgesellschaftliche Partnerschaftsmissionen zu entwickeln, die die Innovationssysteme bei der Zielerreichung leiten • Die auf Bundes- und Länderebene verteilten Zuständigkeiten für Forschung und Innovation in einen Vorteil ummünzen, indem in den Ländern Innovationspioniere bei Transformationsprozessen aktiv gefördert werden • Die Führungsposition Deutschlands in der Europäischen Union und weltweit nutzen, um Standards und Qualitätsinfrastrukturen zu etablieren, die die deutsche, die europäische und die Weltwirtschaft stützen, und um die gewünschte bessere sozioökonomische Zukunft zu gestalten, die die technischen Möglichkeiten nutzt und Herausforderungen abbaut 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Führungsrolle der USA und Chinas bei digitalen Tools – einschließlich künstlicher Intelligenz (KI) – und Dienstleistungen sowie die intensiven globalen Bemühungen um eine führende Position in anderen wichtigen neuen Technologiefeldern könnten Deutschlands globale Wettbewerbsfähigkeit bedrohen, u. a. in den Schlüsselsektoren, in denen es führend ist (z. B. Automobilindustrie, Maschinenbau und Elektroindustrie, Chemiebranche und Pharmaindustrie) • Die Nachhaltigkeitswende könnte die Märkte in einer Weise transformieren, die Deutschlands Führungsrolle infrage stellt, insbesondere aufgrund der Auswirkungen der sich verändernden Mobilitätsstrukturen auf den Automobilsektor • Neue und oft disruptive technologische Paradigmen könnten die Abhängigkeit Deutschlands von ausländischem Fachwissen in mehreren Schlüsselbereichen der Zukunft erhöhen (z. B. Gen-Editierung, genetisch veränderte Lebensmittel und Big-Data-Analytik) • Die Bevölkerungsalterung und die mangelnde Teilhabe verringern den Pool an Arbeitskräften, die für das WTI-System verfügbar sind, sodass das lebenslange Lernen optimiert und das Diversitätspotenzial des Systems ausgeschöpft werden müssen • Die globale Ungewissheit über die Entwicklung des internationalen Handels schafft Unsicherheiten, die sich auf die Resilienz des WTI-Systems und die zukünftigen globalen Lieferketten auswirken

1.3. Stärken und strukturelle Schwächen des deutschen Innovationssystems

Deutschlands internationale Wettbewerbsfähigkeit wird seit mehreren Jahrzehnten durch den Unternehmenssektor gestützt

Der Unternehmenssektor ist nach wie vor die Hauptquelle der Innovationsausgaben in der deutschen Wirtschaft. Nach einem Rückgang in den ersten fünf Jahren nach der Wiedervereinigung sind die FuE-Aufwendungen des Unternehmenssektors (BERD) stetig gestiegen, von 1,42 % des BIP 1994 auf 2,1 % des BIP im Jahr 2020 (OECD, 2022^[11]). Die Bruttoinlandsausgaben für FuE (BAFE) werden zum ganz überwiegenden Teil im Unternehmenssektor getätigt; 2019 betrug der Anteil 69 %, ungefähr das gleiche Niveau wie vor der Weltfinanzkrise von 2008. Der BERD-Anteil von Unternehmen mit über 500 Beschäftigten ist seit Anfang der 2000er Jahre konstant geblieben (89 % der BERD insgesamt im Jahr 2018, gegenüber 88 % im Jahr 2003). Angesichts des Innovationserfolgs Deutschlands spiegelt die Konzentration der FuE in Großunternehmen teilweise die Industriestruktur der Wirtschaft wider. Die Innovationsbeiträge kleinerer Unternehmen, die das Gesamtsystem stärken und Chancen für inklusives Wachstum eröffnen könnten, sind jedoch ausbaufähig. Besonders wichtig ist ein solches Wachstum in innovationsintensiven Dienstleistungssektoren, in denen laut Befunden aus anderen Ländern KMU und Start-ups – definiert als Unternehmen, die nicht älter als zwei Jahre sind – besonders innovationsstark sind. Die Beiträge kleinerer Unternehmen hängen jedoch vom Sektor ab, in dem sie tätig sind: Branchen, in denen Plattformen und Netzwerke dank des digitalen Wandels an Bedeutung gewinnen, bieten beispielsweise häufig andere Chancen als das traditionelle Verarbeitende Gewerbe.

Das Verarbeitende Gewerbe leistet einen erheblichen Beitrag zu Deutschlands Innovationsausgaben, insbesondere der Automobilsektor. Einen Großteil der BERD leistet in Deutschland das Verarbeitende Gewerbe. Sein Anteil an den gesamten intramuralen FuE-Aufwendungen ist mit 85 % höher als in vergleichbaren Volkswirtschaften wie den Vereinigten Staaten (64 %) und Frankreich (49 %). Auf die deutsche Automobilindustrie entfielen 2018 37 % der inländischen BERD und 24 % der weltweiten BERD des Automobilsektors. In keinem anderen Industrieland ist die Innovationsfinanzierung und -kapazität so stark in einem einzigen Sektor konzentriert. Vier der zehn in Bezug auf FuE-Ausgaben führenden Automobilunternehmen haben ihren Sitz in Deutschland: Volkswagen steht weltweit an der Spitze, unmittelbar vor Daimler, BMW liegt auf dem sechsten und Bosch auf dem siebten Platz (Europäische Kommission, 2020^[16]). Dank dieser und anderer führender Unternehmen (sowohl Großunternehmen als auch Hidden Champions) spielt der Privatsektor eine Schlüsselrolle auf regionaler, nationaler und sogar globaler Ebene.

Die Elektroindustrie, der Maschinenbau sowie die Chemie- und Pharmaindustrie leisten ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur Innovationstätigkeit in Deutschland. Diese Sektoren nehmen weltweit bei den Investitionen eine Führungsposition ein. Ihr Anteil an den BERD belief sich 2018, im letzten Jahr, für das vergleichbare Daten vorliegen, auf 11,4 % (Elektroindustrie), 9,9 % (Maschinenbau), 7,2 % (Chemieindustrie) und 5,8 % (Pharmaindustrie) (OECD, o. J.^[12]). Diese Beiträge liegen zwar deutlich niedriger als die der Automobilindustrie, in absoluten Zahlen sind sie aber durchaus nicht unbedeutend (auf die Elektroindustrie entfallen 8,3 Mrd. EUR, auf den Maschinenbau 7,1 Mrd. EUR, auf die Chemieindustrie 5,2 Mrd. EUR und auf die Pharmaindustrie 4,1 Mrd. EUR). Sie sind auch deutlich höher als die entsprechenden BERD in anderen führenden innovativen Ländern wie Frankreich und Italien. Darüber hinaus hat Deutschland mehrere Weltmarktführer in diesen Sektoren, darunter Siemens (weltweit zweiter Platz bei FuE in der Elektroindustrie), Bayer (achter Platz in der Pharmaindustrie) und BASF (erster Platz in der Chemieindustrie) (Europäische Kommission, 2020^[16]).

Hochwertige und internationale Forschung ist ein Markenzeichen der Innovationstätigkeit im deutschen Unternehmenssektor. Neben den in Abschnitt 2 genannten IP5-Patentanmeldungen hat das hohe BERD-Niveau in Deutschland auch eine erhebliche Anzahl hochwertiger Erfindungen gefördert, was sich am globalen Anteil deutscher Erfinder*innen an Triade-Patentfamilien zeigt.⁸ Aufgrund der globalen

Ausrichtung der FuE-Aktivitäten deutscher Unternehmen weist die Forschung in Deutschland außerdem ein hohes Maß an Internationalisierung auf. So machten Ko-Patente 2018 beispielsweise 16 % der gesamten Patenterteilung aus – ein Anteil, der zwar hinter dem Vereinigten Königreich und Frankreich, aber vor wichtigen Wettbewerbern wie Japan und Korea liegt (OECD, o. J.^[23]). Was hochwertige Forschungsergebnisse in den obersten 10 % der weltweit am häufigsten zitierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften betrifft, hat Deutschland unter den obersten 10 % der am häufigsten zitierten Veröffentlichungen den vierthöchsten Anteil (4,4 %), übertroffen nur von China (20,7%), den Vereinigten Staaten (20,5 %) und dem Vereinigten Königreich (5,2 %).

Hochwertige öffentliche Forschungseinrichtungen fördern Fachkräfte und Forschung zur Stärkung der Innovationskraft auf Basis bewährter Wissenstransfersysteme

Öffentliche Forschungseinrichtungen und Hochschulen liefern wichtige wissenschaftliche Inputs und Ideen für die Innovationstätigkeit im Unternehmenssektor. Von 2001 bis 2017 stieg die Anzahl der Forscher*innen je 1 000 Beschäftigte um 43 %, von 6,6 auf 9,9. Das ist das dritthöchste Niveau weltweit, übertroffen nur von Korea (13,4, ein Anstieg um 56 %) und Japan (10, keine reale Veränderung) (OECD, o. J.^[12]). Diese Forschungsbasis hat zu starken Ergebnissen geführt; auf Deutschland entfallen 4,4 % der obersten 10 % der weltweit am häufigsten zitierten wissenschaftlichen Publikationen und 3,7 % der weltweit insgesamt veröffentlichten wissenschaftlichen Publikationen, das viert- bzw. fünft-höchste Niveau weltweit (OECD, o. J.^[24]). Führende Institutionen wie die Max-Planck-Gesellschaft sind wegen ihrer hochwertigen Grundlagenforschung weltweit anerkannt.

Ein langer und stetiger Institutionalisierungsprozess hat ein differenziertes institutionelles Ökosystem für den Wissenstransfer geschaffen. Während der institutionalisierte Wissenstransfer in vielen OECD-Ländern häufig im Rahmen spezieller politischer Programme entstanden ist (beispielsweise die 2004 in Frankreich eingeführten *pôles de compétitivité* oder das 2011 im Vereinigten Königreich gestartete Programm „Catapult“), sind die deutschen Wissenstransfereinrichtungen in ihrer heutigen Form – wie die Fraunhofer-Gesellschaft oder die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen – das Ergebnis eines jahrzehntelangen Prozesses. Dabei haben sie sich dank ihrer engen Verzahnung mit der deutschen Industrie so entwickelt, dass ihre Ergebnisse und ihre Ausrichtung automatisch der deutschen Wettbewerbsfähigkeit dienen, während Initiativen in anderen Ländern häufig eher einem Top-down-Ansatz folgen und vom Staat gesteuert werden. Zusätzlich zu den bekannten deutschen Wissenstransfereinrichtungen gibt es auch mehrere thematische Programme zur Förderung der industriellen Vermarktung der Forschungsergebnisse in einer Reihe von Bereichen, von der Energie und Biotechnologie bis zum Baugewerbe. Zugleich stärken offene Technologieprogramme wie das ZIM die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen in verschiedenen Bereichen mit marktorientierter und risikoreicher Innovationstätigkeit.

Deutschland hat ein gut funktionierendes Hochschulsystem mit einer ausgereiften und institutionalisierten Koordinierung und Kooperation zwischen öffentlichem und privatem Sektor, das die für das Innovationssystem erforderlichen Kompetenzen vermittelt. Das Humboldtsche Universitätsmodell, das historisch den Schwerpunkt auf Forschung, Erkenntnisgewinn und akademische Freiheit legt, und die hoch angesehenen Fachhochschulen mit ihrer Fokussierung auf Ingenieurwesen und angewandte Naturwissenschaften leisten einen wichtigen Beitrag zu Deutschlands großem Angebot an gut ausgebildeten Nachwuchskräften. Der Anteil tertiärer Bildungsabschlüsse ist hoch; 1,6 % der 25- bis 64-Jährigen (der achthöchste Wert weltweit) und 2,1 % der unter 35-Jährigen (der dritthöchste Wert) haben einen Dokortitel oder einen gleichwertigen Abschluss (OECD, 2021^[25]). Dank der engen Zusammenarbeit zwischen Industrie und Wissenschaft stellen die deutschen Bildungseinrichtungen sicher, dass die Kompetenzen der Nachwuchskräfte in der Industrie für Innovationen und praktische Anwendung geeignet sind. Deutschland verfügt außerdem über ein sehr gut ausgebautes und weithin anerkanntes Berufsbildungssystem mit einer starken dualen Komponente, die das Lernen im Betrieb mit dem Lernen in der Schule verknüpft. Die Teilnahme an diesem System ist hoch. 2019 hatten 50,7 % der

Erwachsenen im Alter von 25–64 Jahren (der dritthöchste Anteil im OECD-Raum) und 43,8 % der 25- bis 34-Jährigen (der zweithöchste Anteil) einen Berufsabschluss des Sekundarbereichs II oder des postsekundären Bereichs. Das Berufsbildungssystem spielt eine bedeutende Rolle dabei, die Arbeitskräfte in die Lage zu versetzen, Innovationen zu absorbieren.

Deutschland hat einen gut entwickelten und dezentralisierten Politikrahmen für Innovation, der durch einen umfassenden Policy-Mix gestützt wird

Auf Bundesebene sind das BMWK und das Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für Innovation und Forschung zuständig. Seit 2021 gibt es 15 Bundesministerien. Das BMWK und das BMBF spielen die wichtigste Rolle für den Innovationsbereich, wobei sie je nach Politikfeld mit anderen Bundesministerien (z. B. dem Gesundheits-, Verkehrs- und Umweltministerium) zusammenarbeiten. Die Umsetzung wird generell Behörden wie der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt übertragen. Das BMBF konzentriert sich auf Politikbereiche, in denen Hochschulen und öffentlich geförderte Forschungseinrichtungen für die Durchführung zuständig sind. Das BMWK fokussiert sich im Allgemeinen auf Gebiete, in denen die Innovationspolitik und angewandte Forschung den Unternehmenssektor unterstützen können. Ein weiterer Schwerpunkt ist die ökologisch nachhaltige industrielle Entwicklung.

Das BMWK legt kontinuierlich Wert auf „Technologieoffenheit“ und verfolgt damit einen „branchenoffenen“ Ansatz zur politischen Förderung von Innovationen. Im Rahmen seiner breit gefassten „Transferinitiative“ aktualisierte das BMWK 2021 seinen technologieutralen Ansatz durch die Einführung des Programms „Von der Idee zum Markterfolg“. Darin ist eine Bottom-up-Auswahl von Innovations- und Technologieinvestitionen, insbesondere für die KMU des Landes, vorgesehen (BMW, 2021^[26]). Technologieoffenheit ist seit vielen Jahren ein sehr erfolgreiches Markenzeichen der deutschen Innovationspolitik. Es basiert auf dem Verständnis, dass die Politik sowohl Technology-Push- als auch Technology-Pull-Projekte unterstützen und dadurch Innovationen sowohl angebots- als auch nachfrage-seitig stimulieren kann, wenn sie zu einem gewissen Grad auf einen nichtdirektionalen Ansatz setzt. Allerdings muss eine technologie neutrale Herangehensweise eventuell angepasst werden, damit sie die Transformationen voranbringen kann. Die Netzwerk- und Koordinierungsaspekte der Digitalisierung und der Nachhaltigkeitswende und die Bemühungen der Regierung, das WTI-System resilienter zu gestalten, können beispielsweise eine stärkere Koordination und Steuerung durch den Staat notwendig machen. Die Bundesregierung verfügt auch durchaus über mehrere stärker direktional ausgerichtete Instrumente, mit denen sie die Nachfrage ankurbeln und Märkte schaffen kann. Zum Beispiel zeigt das öffentliche Beschaffungswesen, dass koordinierte Anstrengungen des Bundes und der Länder Innovationen auf Unternehmensebene fördern können. Dieser Bereich – insbesondere „innovative Beschaffung“ – dient als ein Politikhebel im „INNO-KOM“-Transferprogramm der Bundesregierung.

Die Bundesregierung hat robuste Strategien entwickelt, um dem deutschen Innovationssystem zu helfen, auf künftige Chancen und Herausforderungen der Transformation zu reagieren. Um einige ihrer technologie- und branchenspezifischen Strategiepläne zu koordinieren, hat sie außerdem eine Hightech-Strategie (HTS) konzipiert, deren vierte Auflage 2020 veröffentlicht wurde. Das Hightech-Forum, ein Monitoring- und Beratungsgremium, in dem Mitglieder aus der Industrie, der Wissenschaft und der Zivilgesellschaft vertreten sind, unterstützt die Umsetzung der HTS. Die HTS wird durch mehrere spezifischere Strategiedokumente flankiert. Einige davon beschäftigen sich auch mit sehr jungen Wissenschafts- und Innovationsbereichen, beispielsweise die Strategie Künstliche Intelligenz (2018–2020), die Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren (2015) und die Nationale Wasserstoffstrategie (2020). Diese Strategien zeigen, wie wichtig es ist, im Inland Schlüsseltechnologien zu entwickeln, die die Wettbewerbsfähigkeit und sozioökonomische Resilienz Deutschlands in Zukunft sichern. Doch obwohl die meisten dieser Strategien auch betonen, dass angemessene Rahmenbedingungen für Innovationen geschaffen werden müssen, bieten sie nur wenige direkte Anreize für Innovationstätigkeiten. Die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) schafft – ebenso wie die Defence Advanced Research

Projects Agency in den Vereinigten Staaten – Räume für Innovationsträger*innen, in denen sie Risiken eingehen und radikal anders denken können.

Die Bundesmittel für FuE werden von mehreren Ministerien verwaltet, wobei das BMBF, das BMWK und das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) den größten Beitrag leisten. In jedem Ministerium erfolgt die Vergabe der Bundesmittel entweder durch Projektförderung für FuE – direkt durch die gezielte Entwicklung spezifischer Technologien oder indirekt durch die Unterstützung der Verbreitung bestimmter Technologien – oder durch institutionelle Förderung. Der größte Anteil (58,4 %) stammt von BMBF, weil sein Haushalt die institutionelle Förderung des Bundes für öffentliche Forschungseinrichtungen abdeckt (rd. 45 % der gesamten Bundesmittel für FuE). Neben direkter institutioneller Finanzierung fördert das BMBF auch thematische Forschung in Bereichen, die von Gesundheit und ökologischer Nachhaltigkeit bis zu Materialwissenschaft und Technologien wie KI, Mikroelektronik, Hochleistungscomputing, Quantentechnologien sowie Photonik, Produktionstechnologien und Batterien reichen. Das BMWK leistet den zweithöchsten Bundesbeitrag (22,8 %). Die Mittel fließen hauptsächlich in projektbasierte Programme, darunter das ZIM und einige thematische Programme in Bereichen wie Digitalisierung, Automobilsektor, Energie, Flugverkehr und Verkehr. Das BMVg finanziert mit dem drittgrößten Bundesbeitrag zur FuE-Förderung hauptsächlich große FuE-Projekte und Beschaffung im Verteidigungsbereich.

Die direkte FuE-Förderung der Bundesregierung ist ein Eckpfeiler der deutschen Innovationspolitik. Die FuE-Aufwendungen des Staatssektors (GOVERD) sind mit 17,4 Mrd. EUR die dritthöchsten der Welt und im Verhältnis zum BIP (0,44 %) die zweithöchsten (nach Korea) (OECD, o. J.^[12]). Die meisten direkten staatlichen Fördermittel für Innovationen auf Unternehmensebene werden über Zuschüsse für FuE-Projekte im Rahmen großer Bundesprogramme und über FuE-Programme auf Länderebene vergeben. Programme wie ZIM, INNO-KOM und IGF geben wichtige Impulse für den Technologietransfer zwischen Forschungsinstituten und den KMU des Landes. Sie stellen außerdem sicher, dass der Privatsektor dazu in der Lage ist, innovative Ideen und Technologien aufzunehmen. 2020 erweiterte die Bundesregierung durch die Einführung der Forschungszulage auch die indirekte FuE-Förderung. Die Zulage unterstützt KMU mit einer 25 %igen Steuergutschrift für internes FuE-Personal und einer 15 %igen Gutschrift für FuE-Aufwendungen für Auftragsforschung, die von im Europäischen Wirtschaftsraum ansässigen Auftragnehmern ausgeführt wird. Der thematische Schwerpunkt der staatlichen FuE-Förderung ergibt sich generell aus Strategiedokumenten wie der HTS. Die Bundesregierung hat außerdem mehrere thematische Finanzierungs- und Politikinstrumente zur Stärkung der Innovationskraft eingeführt. Dazu gehören das Programm zur Umsetzung von Ziffer 35c im Rahmen des Konjunkturpakets (KoPa 35c), das nachhaltige Innovationen in der Fahrzeugbranche finanziert, und die Industrie 4.0-Strategie, die den digitalen Wandel im Verarbeitenden Gewerbe fördert.

Die Bundesregierung implementiert zahlreiche Programme, die Start-ups in Deutschland unterstützen, und die Entwicklung von Wagniskapitalmärkten für vielversprechende unternehmerische Initiativen ist eine Priorität. Durch Programme wie den High-Tech Gründerfonds, EXIST und INVEST hat die Bundesregierung einen relativ robusten Förderrahmen für das Wachstum von Start-ups entwickelt. 2021 hat sie außerdem den Zukunftsfonds gegründet. Der von der KfW verwaltete Beteiligungsfonds mit einem Investitionsvolumen von 10 Mrd. EUR unterstützt Start-ups in der Wachstumsphase. Trotz der großen Bedeutung des Wagniskapitals für innovative Start-ups ist das Finanzierungsniveau jedoch im Vergleich zu anderen technologisch fortgeschrittenen Volkswirtschaften wie den Vereinigten Staaten und dem Vereinigten Königreich nach wie vor niedrig. Angesichts der nur unzureichend entwickelten inländischen Wagniskapitalmärkte suchen viele deutsche Hightech-Start-ups deshalb Finanzmittel bei ausländischen (hauptsächlich US-amerikanischen) Investoren.

Die dezentrale Governance des deutschen Innovationsökosystems hat zahlreiche Vorteile. Erstens tragen die starke Dezentralisierung und regionale Autonomie dazu bei, die politischen Maßnahmen auf die lokalen sozioökonomischen Bedürfnisse zu konzentrieren, insbesondere im Industriebereich. Da die Länder über einen gewissen finanziellen Handlungsspielraum verfügen (u. a. über die Einkommensteuer),

ermöglicht dies den regionalen Politikverantwortlichen, die Innovationspolitik (sowie andere Fördermaßnahmen wie Steueranreize) auf die Bedürfnisse der lokalen Wirtschaft und Industrie auszurichten, um Anreize für Innovationen auf subnationaler Ebene zu setzen. Außerdem fällt die Bildungspolitik (einschließlich der Universitäten) in den Zuständigkeitsbereich der Länder. Die öffentlichen Forschungseinrichtungen und Universitäten besitzen ebenfalls ein hohes Niveau an Autonomie und können ihre eigenen Forschungsprioritäten unabhängig von staatlichen Vorgaben festlegen. Dies hat zur Verzahnung zwischen öffentlichen Forschungseinrichtungen, Kommunen und der Industrie beigetragen und ist ein Beispiel für erfolgreiche Bottom-up-Innovationen.

Das hohe Maß an regionaler Autonomie im WTI-System hilft den Politikverantwortlichen, eine effektivere WTI-Politik zu konzipieren und umzusetzen. Eine größere regionale Autonomie ermöglicht den Politikverantwortlichen, sich auf Fragen der regionalen Wettbewerbsfähigkeit zu konzentrieren, lokale Politikmaßnahmen agil anzupassen sowie Akteure und Sektoren gezielter zu unterstützen. Die politischen Entscheidungsträger*innen in Deutschland müssen diese eindeutigen regionalen Vorteile umfassend nutzen und zugleich einen koordinierteren und kohärenteren nationalen Ansatz für die Nachhaltigkeitswende, die Digitalisierung und andere horizontale Innovationsherausforderungen entwickeln.

Der föderale Aufbau Deutschlands stellt das WTI-System jedoch auch vor Herausforderungen. Der hohe Grad an Autonomie der regionalen Akteure im WTI-System bringt es mit sich, dass lokale Prioritäten berücksichtigt werden. Dies kann sowohl die Umsetzung bundespolitischer Ziele als auch die Kohärenz länder- und ressortübergreifender Ziele beeinträchtigen. Außerdem kann eine fragmentierte Digitalisierung – insbesondere im Bereich des Datenaustauschs und des Technologietransfers, sowohl auf Universitätsebene als auch innerhalb des Bildungssystems insgesamt – die Schaffung besserer Rahmenbedingungen für Innovationen erschweren.

Deutschland hat eines der fortschrittlichsten und angesehensten Qualitätssicherungs- und Zertifizierungssysteme („Qualitätsinfrastruktur“) der Welt, was die internationale Wettbewerbsfähigkeit stützt. Das Land hat eine lange Tradition, Fragen der Standardisierung, Zertifizierung und Regulierung mit dem Ziel anzugehen, wettbewerbsneutrale Instrumente zu schaffen, die dem Gemeinwohl dienen. Die große Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland – und die Innovationen, die den Sektor antreiben – haben zu einer Internationalisierung der deutschen Regulierungsstandards geführt, da die deutsche Industrie eng in globale Wertschöpfungsketten eingebunden ist und große Marktanteile in mehreren Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes besitzt (insbesondere im Automobilsektor und im Maschinenbau). Die Fähigkeit, das Regulierungsumfeld und die geltenden Standards auch jenseits der eigenen Grenzen zu gestalten, ist eine entscheidende Stärke der deutschen Industrie. Ein „Regelsetzer“ anstelle eines „Regelempfängers“ zu sein, kann die Führungsrolle Deutschlands im Innovationsbereich stärken. Diese Position wird jedoch dadurch infrage gestellt, dass Deutschland in einigen Schlüsselbereichen, die für die künftige Wettbewerbsfähigkeit von zentraler Bedeutung sind, nicht zu den Vorreitern gehört. Das gilt insbesondere für Hochtechnologien wie KI, Robotik, Batterien und Quantencomputing.

Angesichts der starken Exportorientierung der deutschen Wirtschaft hat die Innovationspolitik eine wichtige internationale Komponente. Deutschland arbeitet in mehreren Bereichen der Innovationspolitik eng mit der Europäischen Union zusammen. Die internationale Zusammenarbeit weist in der Regel ein höheres Maß an Direktionalität auf, insbesondere bei der Unterstützung von Schlüsseltechnologien (wie Halbleitern, Wasserstoff und Batterien) und der Dateninfrastruktur. In diesen Fällen hätte eine kritische Masse technologischer Kompetenz auf supranationaler Ebene Vorteile für alle EU-Mitgliedstaaten. Dies gilt für die Innovationstätigkeit, ist aber möglicherweise auch wichtig im Hinblick auf die laufenden Debatten über die technologische Souveränität. Die Ausrichtung der Innovationstätigkeit innerhalb des deutschen Unternehmenssektors, der eng in zahlreiche globale Wertschöpfungsketten eingebunden ist, hat auch systemische Auswirkungen auf die Europäische Union. Die deutsche Bundesregierung arbeitet daran, ein wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse zum Aufbau der nächsten Generation von Cloud-Infrastrukturen und -Services (IPCEI-CIS) auf EU-Ebene einzuführen, und hat 750 Mio. EUR für das Projekt bereitgestellt (BMW, 2021^[27]). Die Zusammenarbeit auf EU-Ebene

zeigt jedoch auch, dass es Bereiche gibt, in denen die Umsetzung eines stärker direktional ausgerichteten Ansatzes auf nationaler Ebene Schwierigkeiten mit sich bringt und das Risiko birgt, dass die Behörden gegen die Beihilfavorschriften der EU verstoßen. Außerdem hat eine Qualitätsinfrastruktur implizit eine internationale Komponente, da sie Freihandel unterstützt, der für die exportorientierte Wirtschaft Deutschlands von entscheidender Bedeutung ist.

Das deutsche Innovationssystem hat trotz eindeutiger Stärken auch mehrere strukturelle Schwächen

Angesichts der erheblichen öffentlichen Fördermaßnahmen zur Stärkung der Innovationstätigkeit von KMU und der Größe und industriellen Zusammensetzung der deutschen Wirtschaft ist der Innovationsbeitrag von KMU, Start-ups und jungen Unternehmen niedriger als er sein könnte. Wie in allen in Bezug auf FuE-Investitionen führenden Ländern entfällt auch in Deutschland der größte Teil der BERD auf Großunternehmen. Der in den letzten Jahrzehnten festzustellende relative Rückgang des Beitrags des Mittelstands zur Innovationstätigkeit ist jedoch Grund zur Sorge. Er begann Ende der 1990er Jahre, hat sich aber seit der weltweiten Finanzkrise 2008–2009 beschleunigt. 2019 entsprachen die Innovationsausgaben der KMU nur 29 % der Investitionen großer Unternehmen, im Vergleich zu 73 % im Jahr 1995. Die Bundesregierung ist sich dieser Herausforderung bewusst und bemüht sich vor allem darum, den Zugang von KMU zu Forschungseinrichtungen zu verbessern. Auch das vom BMWK eingeführte Programm „Von der Idee zum Markterfolg“ soll diesem Trend entgegenwirken.

Ein größerer Beitrag von KMU und Start-ups zur Innovationstätigkeit wird die Teilhabe stärken. Da KMU 99 % der Unternehmen und 56 % der Gesamtbeschäftigung des Landes ausmachen, würde eine zunehmende Divergenz zwischen KMU und großen Unternehmen zu einer wachsenden Konzentration der Produktivitätssteigerungen bei einem relativ kleinen Teil der Erwerbsbevölkerung führen (Destasis, o. J.^[28]). Viele deutsche Innovationsprogramme akzeptieren zwar Anträge von Erstinnovatoren, die Wissenstransferinitiativen sind jedoch traditionell stärker auf Unternehmen ausgerichtet, die bereits Innovationstätigkeiten durchführen. Viele kleinere Unternehmen, einschließlich Start-ups, haben deshalb keinen Anspruch auf öffentliche Forschungs- und Innovationsförderung. Es ist ermutigend, dass eine zunehmende Anzahl der an staatlich geförderten Innovationsprogrammen teilnehmenden Unternehmen Erstbewerber sind. Es ist jedoch möglich, dass die aufwendigen Antragsverfahren die Reichweite dieser Programme beeinträchtigen.

Junge Unternehmen leisten einen sehr geringen Innovationsbeitrag in Deutschland. Auf Unternehmen, die weniger als fünf Jahre aktiv sind, entfällt ein sehr geringer Anteil der gesamten FuE- und Innovationsausgaben im deutschen Unternehmenssektor. Dies könnte teilweise auf den geringen Anteil der Start-ups in der deutschen Unternehmenspopulation zurückzuführen sein, denn der deutsche Anteil von Unternehmen, die höchstens zwei Jahre aktiv sind, ist der zweitniedrigste im OECD-Raum (OECD, o. J.^[29]). Außerdem war innovatives Unternehmertum viele Jahre lang schwach ausgeprägt, wenngleich die Dynamik in den letzten Jahren zugenommen hat. Deutschland hat nicht das gleiche Niveau an neuen – häufig disruptiven – innovativen Unternehmen wie andere Länder, beispielsweise die Vereinigten Staaten und das Vereinigte Königreich. Der Anteil Deutschlands an den Investitionen in KI-Start-ups lag 2020 beispielsweise in der Gruppe der EU-Länder (EU27) und des Vereinigten Königreichs nur bei 14 % und damit weit hinter dem Vereinigten Königreich (55 %). Die Verbindungen zwischen KI-Unternehmen und KMU oder größeren Unternehmen sind im Industriesektor ebenfalls schwach und KI für Tätigkeiten wie Datenanalyse, Verarbeitung natürlicher Sprache, Bilderkennung und Automatisierung ist in Unternehmen nach wie vor noch nicht sehr weit verbreitet. Diese Tendenzen können die Innovationskapazitäten der deutschen Wirtschaft beeinträchtigen. Dies kann dazu führen, dass Unternehmen sich nicht neu erfinden oder an ein sich wandelndes wirtschaftliches Umfeld anpassen können.

Das deutsche Innovationssystem muss mehr disruptive und radikale Innovationen fördern, weil der Erfolg des derzeitigen inkrementellen Innovationsmodells die Führungsrolle in der Zukunft

nicht sichern wird. Die nachhaltige Entwicklung und die Digitalisierung rufen einen weitreichenden Paradigmenwechsel in der Weltwirtschaft hervor. Vor diesem Hintergrund sind Investitionen in disruptivere und radikalere Innovationen unumgänglich, um die Führungsrolle auch in Zukunft erfolgreich zu verteidigen. Diese Investitionen sind riskanter als inkrementellere Innovationen, und sie drängen sich nicht auf, solange das derzeitige Innovationsmodell noch sehr erfolgreich die Umsätze in den betroffenen Branchen sichert. Dies zeigt sich im anhaltenden Exporterfolg von deutschen Autos. Der Übergang zu disruptiveren und radikaleren Innovationen wird insbesondere für den Mittelstand und junge Unternehmen nicht leicht sein. Gut ausgebildetes Personal und die Wissensvermittlung durch Forschungseinrichtungen sind deshalb von zentraler Bedeutung. Die Entscheidung der Bundesregierung, 2021 die Agentur SPRIND zu gründen, zeigt, dass sich die Politik zunehmend bewusst wird, wie wichtig es ist, bahnbrechende und disruptive Innovationen zu unterstützen, und dass dazu eine andere – risikotolerantere und ehrgeizigere – WTI-Politik erforderlich ist.

Die Herausforderungen bei der Finanzierung von Start-ups und Innovationen bringen das Risiko mit sich, dass vielversprechende Unternehmen das Land verlassen oder Innovationschancen verpassen. Der deutsche Risikokapitalmarkt ist nach wie vor klein, und zwar sowohl im internationalen Vergleich als auch im Verhältnis zur Größe der Volkswirtschaft. Eine der größten Herausforderungen bei der Finanzierung von Innovationen ist in Deutschland die Deckung des Investitionsbedarfs der Unternehmen während der Wachstums- und Spätphase, der generell höher ist als während der Frühphase. Die fehlenden Mittel veranlassen vielversprechende deutsche Start-ups dazu, sich für die Börseneinführung oder Spätphasenfinanzierung auf ausländischen Kapitalmärkten umzusehen. Der Mangel an institutionellen Investitionen behindert die Entwicklung dieser Art von Finanzierung in Deutschland. Die Pensionsfonds, Versicherungsgesellschaften und öffentlichen Finanzinstitutionen des Landes gehören zu den wenigen Finanzierungsquellen, die das für die Skalierung der vielversprechendsten Innovationsträger erforderliche Risikokapital bereitstellen könnten, sie verhalten sich aber sehr zurückhaltend.

In der deutschen Wirtschaft insgesamt und insbesondere im Innovationssystem ist ein Geschlechterungleichgewicht festzustellen. Frauen sind in Führungspositionen nach wie vor in der Minderheit. Jüngsten OECD-Daten zufolge wurden 2015 nur 13 % der deutschen Technologie-Start-ups von Frauen geführt. Dies wird sich wahrscheinlich auf die künftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und die Teilhabe auswirken (OECD, 2020_[8]). Die Beteiligung von Frauen an der Innovationstätigkeit und an innovativem Unternehmertum kann durch die gleichen Faktoren beeinträchtigt werden, die Frauen generell daran hindern, eine Vollzeitbeschäftigung aufzunehmen. Insbesondere die hohe Besteuerung von Zweitverdiener*innen sowie das unzureichende Angebot an Ganztagskinderbetreuung und Ganztagschulen machen sich hier bemerkbar (Yashiro und Lehmann, 2018_[30]). Der geringe Frauenanteil bei Innovationsaktivitäten ist teilweise auch darauf zurückzuführen, dass ein großer Teil der BERD in Branchen durchgeführt wird, in denen die Teilhabe von Frauen, u. a. aufgrund der Genderlücke in den MINT-Fächern, seit jeher niedrig ist: 2018 waren zwei Drittel der Absolvent*innen mit Tertiärabschluss in MINT-Fächern Männer, was die Unterrepräsentation von Frauen in Schlüsselsektoren verstetigt. Es ist deshalb erforderlich, die Teilhabe von Frauen an den MINT-Fächern – und ihre für Innovationen erforderlichen Kompetenzen – zu verbessern, um den zunehmenden Bedarf an digitalen und datenbasierten Innovationen decken zu können (OECD, 2020_[8]).

Deutschland ist in mehreren für Innovationen entscheidenden Bereichen, insbesondere der interdisziplinären Ausbildung, mit einem Fachkräftemangel konfrontiert. Das Fachkräftemonitoring des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales aus dem Jahr 2020 kam zu dem Ergebnis, dass die Arbeitskräfteengpässe in den Berufen am größten sind, die ein hohes Maß an IKT-Kompetenzen erfordern, sowie im Gesundheitswesen, im Handwerk und in den Berufen, die mit Mechatronik und Automatisierungstechnik zusammenhängen (BMAS, 2021_[31]). Deutschland hat zwar im internationalen Vergleich ein hohes Niveau an MINT-Kompetenzen, es reicht jedoch möglicherweise nicht aus, um den wachsenden Bedarf der Industrie zu decken (OECD, 2021_[32]). Der Fachkräftemangel ist am größten bei Tätigkeiten mit hohen Qualifikationsanforderungen; in 70 % dieser Berufe fehlt es an hochqualifiziertem Personal, eine der

höchsten Quoten im OECD-Raum (OECD, 2021^[32]). Neben technischen Kompetenzen sind soziale und sozialwissenschaftliche Kompetenzen ebenfalls von hoher Bedeutung, um transformative Veränderungen in der Wirtschaft voranzubringen (dienstleistungsbezogene Innovationen sind beispielsweise eine zentrale Antriebskraft der digitalen Wirtschaft, bei der es mehr um Mobilitätsdienste als um den Kauf von Autos geht). Die traditionelle Ausrichtung der deutschen Erwerbsbevölkerung wird klar, wenn man die Spezialisierungen der Beschäftigten mit Tertiärabschluss auf dem inländischen Arbeitsmarkt betrachtet. Deutschland gehört beispielsweise im EU-Raum zu den beiden Ländern mit dem niedrigsten Anteil an Absolvent*innen der Sozialwissenschaften (24 %), aber auch zu den beiden Ländern mit dem höchsten Anteil an Absolvent*innen der Ingenieurwissenschaften (25 %) (Paunov, Planes-Satorra und Moriguchi, 2017^[33]). Mit einer stärker interdisziplinär ausgerichteten Ausbildung könnten Absolvent*innen der Ingenieur- wie auch der Sozialwissenschaften künftig mehr zur Wirtschaftsleistung beitragen.

Der demografische Ausblick in Deutschland, insbesondere die alternde Bevölkerungsstruktur, ist eine Herausforderung für das Innovationssystem wie auch das sozioökonomische Wohlergehen insgesamt. In Deutschland vollzieht sich die demografische Alterung schneller als in den meisten anderen OECD-Ländern. Der Altenquotient des Landes – das Verhältnis der Menschen ab 67 Jahren zu 100 Personen im erwerbsfähigen Alter (Altersspanne von 20 bis 66 Jahren) – ist der dritthöchste im OECD-Raum und dürfte sich in den nächsten 35 Jahren verdoppeln (Statistisches Bundesamt, o. J.^[34]). Die demografische Entwicklung in Deutschland beeinflusst die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit auf zweierlei Weise. Erstens haben die Schwierigkeiten bei der Wiederbesetzung von durch Ruhestand freierwerdenden Stellen wahrscheinlich zur Folge, dass der Arbeitskräftemangel in bestimmten Branchen noch zunehmen wird (OECD, 2021^[32]). Zweitens schrumpfen mit der Bevölkerungsgruppe, die mit der größten Wahrscheinlichkeit ein Unternehmen gründet (30–50 Jahre), auch die Markteintrittsquoten neuer Unternehmen in Deutschland, ein Trend, der sich in den kommenden Jahren noch beschleunigen wird (OECD, 2020^[8]). Diese Herausforderungen sind enorm, vor allem angesichts der Tatsache, dass Start-ups eine wichtige Rolle bei der Entwicklung derjenigen Innovationen spielen können, die für die Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit in neu entstehenden Technologien und digitalen Dienstleistungen erforderlich sind. Strukturelle Hemmnisse können die Innovationstätigkeit auch auf gesamtwirtschaftlicher Ebene erheblich beeinträchtigen. Der demografische Kontext macht es außerdem erforderlich, Migrant*innen die Chance zu geben, am Innovationssystem des Landes teilzuhaben, indem Personen mit den von den deutschen innovierenden Unternehmen verlangten Kompetenzen und Erfahrungen auch außerhalb Deutschlands angeworben werden. Deutschland sollte deshalb die Bedingungen für die Anwerbung ausländischer Talente weiter lockern und die Gründung von Start-ups durch hochqualifizierte im Ausland geborene Fachkräfte und Wissenschaftler*innen erleichtern (vgl. das Beispiel BioNTech weiter unten).

Die Herausforderungen, vor denen der Mittelstand und Start-ups beim Zugang zu Forschungsergebnissen und Expertise stehen, sind bekannt. Der ZEW-Innovationserhebung 2018 zufolge hatten 2018 rd. 38 % der innovierenden großen Unternehmen Wissenskooperationen mit Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen vorzuweisen, bei innovierenden KMU lag der Anteil aber lediglich bei 17,5 %. Die lokale und regionale Streuung des Wissens stellte ein besonderes Hindernis für die Zusammenarbeit dar (ZEW, 2018^[35]). Die „Transferinitiative“ des BMWK wurde eingeführt, um die Zahl der KMU, die neue Ideen auf den Markt bringen, zu erhöhen (BMW, 2021^[36]). Die Forschungseinrichtungen sind ebenfalls mit seit Langem bestehenden Problemen konfrontiert. Dazu gehören schlechte berufliche Aufstiegsmöglichkeiten, unflexible Arbeitsbedingungen, Mobilitätshemmnisse und fehlende Anreize für die Einbindung des Mittelstands und von Start-up-Unternehmen. All dies schränkt den möglichen Beitrag öffentlich finanzierter Forschungseinrichtungen zur wirtschaftlichen Innovationstätigkeit ein.

1.4. Das deutsche Innovationssystem und seine Antworten auf die Herausforderungen der Zukunft

Das WTI-System ist ausgereift und funktioniert gut, muss aber strukturelle Veränderungen bewältigen

Das WTI-System muss sich für zukünftige Transformationen wappnen, indem es u. a. seine Kapazitäten für bahnbrechende oder disruptive Innovationen ausbaut. In Schlüsselsektoren, die die zweite industrielle Revolution geprägt haben – in der Automobilindustrie, der Chemiebranche und im Maschinenbau – hat das deutsche WTI-System sehr erfolgreich zur Führungsposition des Landes beigetragen. Technische, wissenschaftliche, institutionelle und politische Kompetenzen haben dafür gesorgt, dass in diesen Technologiebereichen die Rahmenbedingungen für kontinuierliche innovative Verbesserungen stimmten. Aber alles deutet darauf hin, dass nun breitere und komplexere Veränderungen anstehen: 1. Die traditionellen Wirtschaftssektoren sind durch den digitalen Fortschritt mit disruptiven Umwälzungen konfrontiert. 2. Die Gesellschaft fordert die Gestaltung einer ökologisch nachhaltigen Zukunft. 3. Unsicherheiten und eine erhöhte Krisenanfälligkeit prägen die Weltlage – die Finanzkrise der Jahre 2008–2009 und die Coronapandemie haben dies bewiesen. WTI-Politik muss agiler werden, damit politische Entscheidungsträger*innen und Unternehmen in dieser komplexen und unstillen Welt schnell auf unerwartete Umstände und Ereignisse reagieren können, ohne dass sie dabei die inkrementellen Innovationen vernachlässigen, auf die sich die deutsche Wettbewerbsfähigkeit seit Jahrzehnten stützt.

Geschäftsinnovationen, Forschungsschwerpunkte und Wissenstransfer stehen unter dem starken Einfluss etablierter Branchenführer. Diese Tendenz des WTI-Systems hat möglicherweise disruptive Innovationen und bahnbrechende Neuerungen verhindert und es der deutschen Wirtschaft dadurch erschwert, ihren Status als globaler wirtschaftlicher Innovationsträger zu verteidigen. Industrie- und Produktionsunternehmen, insbesondere im Mittelstand, haben sich weniger um Innovationen in Transformationsbereichen gekümmert, z. B. in den Digital-, Informations- und Kommunikationstechnologien oder auf dem Gebiet des Umwelt- und Klimaschutzes – und das obwohl die Produkte und Märkte gerade dieser Akteure von den Veränderungen besonders stark betroffen sein werden. In diesem Zusammenhang wird der Wandel möglicherweise auch durch die geringe Zahl an innovativen Neugründungen gebremst. Bezüglich der Digitalisierung stellt sich vor allem auch die Frage, ob von einigen wenigen Unternehmen beherrschte Märkte die Wettbewerbschancen für den Mittelstand beeinträchtigen, und welche Konsequenzen dies für die Teilhabe an der Innovationswirtschaft haben wird. (Autor et al., 2020^[37]).

Damit ein WTI-System den Wandel unterstützt, müssen seine Politikmaßnahmen einen Beitrag zur Vorbereitung auf zukünftige Herausforderungen leisten, indem sie flexiblere Strukturen schaffen, Innovation offen gestalten und den Austausch mit der Zivilgesellschaft fördern. Eine breitere Einbeziehung der Zivilgesellschaft kann aufgrund der zusätzlichen Beiträge die Qualität der WTI-Politik verbessern und die asymmetrischen sozioökonomischen Auswirkungen ihrer Maßnahmen abschwächen. Für die politische Gestaltung könnte dies bedeuten, dass WTI-Politik stärker auf strategische Prognosen (wie die Foresight-Prozesse der BMBF-Kampagne VORAUS:schau!) setzt. Außerdem könnten bessere Voraussetzungen für detaillierte und aussagekräftige Datenanalysen und Visualisierungen im WTI-System geschaffen werden, damit die WTI-Politik mehr Wirkung entfaltet und besser bewertet und überwacht werden kann. Die Umsetzung von Maßnahmen könnten Reallabore und andere politische Experimentierräume erleichtern. Die Gesellschaft sollte auch immer dann eingebunden werden, wenn sie von technologischen Entwicklungen betroffen ist und wenn sich die Frage stellt, inwieweit sie die technischen Tools, die das Ergebnis dieser Entwicklungen sind, akzeptiert. (Paunov und Planes-Satorra, 2021^[38]). Es gibt moderne digitale Instrumente (wie z. B. öffentliche Fora), mit denen diese gesellschaftlichen Sichtweisen besonders gut erfasst werden können. Was das sonstige politische Instrumentarium betrifft, stellen sich Erfolge möglicherweise schneller ein, wenn durch Reallabore und flexiblere rechtliche Rahmenbedingungen Raum für Experimente geschaffen wird. Außerdem ist es wichtig, Hindernisse auf

dem Weg zu bahnbrechenden Innovationen, wie z. B. fehlende Kompetenzen und Forschungskapazitäten in Schlüsseltechnologien, mit geeigneten Hilfsmitteln zu überwinden.

Auf dem Gebiet der digitalen Innovationen hat Deutschland Aufholbedarf

Die eingeschränkte digitale Vernetzung ist nicht innovationsfreundlich. Das digitale Netz ist in Deutschland relativ schlecht ausgebaut, insbesondere was festnetzbasierter Hochgeschwindigkeitsbreitbandanschlüsse und die Abdeckung durch schnelle mobile LTE-Datennetzwerke betrifft. 2019 lag der Glasfaseranteil unter den deutschen Festnetzbreitbandanschlüssen bei nur 1,72 % und damit deutlich unter dem OECD-Durchschnitt von 8,91 % (OECD, 2020^[8]). Nur 36,9 % der deutschen Firmenstandorte in kleinen und ländlichen Gemeinden können Breitbandanschlüsse mit Downloadgeschwindigkeiten von mehr als 30 Megabit pro Sekunde nutzen; in Städten sind es immerhin 52,3 % (OECD, 2020^[8]). Die staatlichen Stellen wissen, wie wichtig es ist, die digitale Schere zu schließen, und bemühen sich mit mehreren Initiativen, die digitale Infrastruktur auszubauen und zu verbessern. Zum Beispiel wurde die Mobilfunkinfrastrukturgesellschaft gegründet, die den Auftrag hat, die fast 5 000 weißen Flecken der deutschen 4G-Netzabdeckung zu schließen. Mit der Versorgung mit 5G geht es in Deutschland bisher nur relativ langsam voran, eine allgemein anerkannte Vergleichsmethode gibt es in diesem Bereich allerdings nicht. Was die deutsche Breitbandinfrastruktur betrifft, stehen umfassende Investitionen des Privatsektors zu erwarten: Der Bundesverband Breitbandkommunikation (BREKO) schätzt, dass bis 2026 rund 43 Mrd. EUR in den Ausbau hochwertiger Glasfaserverbindungen fließen werden. (Fibre Systems, 2021^[39]).

Die Mängel der digitalen Vernetzung haben bereits die Fähigkeit deutscher Firmen beeinträchtigt, das Potenzial digitaler Technologien auszuschöpfen. Die langsame Verbreitung von IKT und digitalen Tools stellt eine besondere Herausforderung für die innovative Wettbewerbsfähigkeit und die Vorbereitung des deutschen Mittelstands auf die zunehmende Digitalisierung der Wirtschaft dar. Schon jetzt liegen Daten vor, die zeigen, dass Deutschland bei der Einführung bestimmter digitaler Schlüsseltechnologien in Verzug geraten ist. Zum Beispiel liegt das Land deutlich hinter den erfolgreichsten OECD-Ländern in den Bereichen Cloud-Computing, Hochgeschwindigkeitsbreitband und Big-Data-Analysen (OECD, 2020^[8]). Die geringe Verbreitung hochmoderner IKT dürfte z. T. dafür verantwortlich sein, dass in der deutschen Wirtschaft wenig Geräte- und Sensordaten verarbeitet werden. Die Erhebung dieser Daten ist eine zentrale Komponente der Industrie 4.0, sie setzt aber Investitionen in eine hochwertige Netzinfrastruktur voraus. Hinzu kommt eine Reihe anderer Faktoren, die das Innovationspotenzial vieler deutscher Firmen beeinträchtigen: überholte Datenschutzbestimmungen, Cybersicherheitsbedenken, zu wenig Kapital für Digitalisierungsprogramme in Unternehmen, begrenzte digitale Testräume und unzureichende Investitionen in das nötige Wissenskapital für eine bessere Wertschöpfung aus Datenbeständen und digitalen Technologien.

Für die langsame Verbreitung von digitalen Technologien und IKT im öffentlichen und privaten Sektor könnte auch ein Kompetenzmangel verantwortlich sein. Wie erwähnt bremst möglicherweise das begrenzte Angebot an MINT-Absolvent*innen, IKT-Fachkräften und Datenspezialist*innen die Einführung neuer Technologien und damit auch die Innovationstätigkeit (OECD, 2020^[8]). Ob ein Unternehmen neue IKT-Tools für datenbasierte Innovationen nutzt, hängt z. B. stark davon ab, ob es IKT-Spezialist*innen beschäftigt. Weder der öffentliche noch der private Sektor sind derzeit in der Lage, die Möglichkeiten der Digitalisierung voll auszuschöpfen. Im Vergleich zu anderen OECD-Ländern ist der Digitalisierungsgrad des öffentlichen Sektors und seiner Dienstleistungen nach wie vor gering; zusammen mit der eingeschränkten Nutzung und Interoperabilität von Daten hat dies dazu geführt, dass Deutschland im OECD Digital Government Index erst auf Platz 26 zu finden ist. (OECD, 2020^[40]).

Deutschlands internationale Wettbewerbsfähigkeit war bisher eng mit seinem Status als weltweit führender Innovationsträger in Schlüsselindustrien verknüpft; doch die neuesten digitalen Innovationen, die heute den wirtschaftlichen Wandel vorantreiben, entstehen anderswo. Die

meisten IKT-Patente meldet nicht Deutschland an, sondern die Vereinigten Staaten, Japan, Korea und China, und zwar für allgemeine IKT ebenso wie für hochmoderne Anwendungen sowie für wichtige Universaltechnologien wie KI und Nanotechnologie. 2017 meldete Deutschland 146 IP5-Patente auf dem Gebiet KI an, die Vereinigten Staaten aber 1 065 und Japan sogar 1 115. Was wissenschaftliche Publikationen zum Thema KI anbelangt, zählten in den Jahren 2014–2016 nur zwei deutsche Firmen zu den 50 führenden Unternehmen (Dernis et al., 2019^[41]). Ein ähnliches Bild bietet sich in der Nanotechnologie, deren Lösungen für eine Reihe moderner Anwendungen benötigt werden, insbesondere für die Arten von Halbleitern, die das autonome Fahren der nächsten Generation ermöglichen werden: 2017 lag Deutschland in diesem Bereich mit nur 17 IP5-Patentanmeldungen weit hinter den Vereinigten Staaten (140 Anträge) und Japan (112 Anträge). In der Praxis bedeutet dies, dass die Zeiten, in denen deutsche Erfindungen die Fertigungs- und Industrieprozesse in aller Welt maßgeblich beeinflussten, der Vergangenheit angehören. Stattdessen werden deutsche Unternehmen künftig Innovationen – und Normen über deren Einsatzmöglichkeiten – vermehrt aus dem Ausland übernehmen. Dass Deutschland im Bereich der Digitalisierung nicht zu den führenden Nationen gehört, zeigt auch die fehlende globale Präsenz deutscher innovativer Digitalunternehmen: Unter den 100 digitalen Firmen mit der höchsten Marktkapitalisierung sind nur drei in Deutschland ansässig – 13 haben ihren Sitz in China und 59 in den Vereinigten Staaten (PwC, 2021^[42]).

Jenseits der digitalen Wirtschaft im engeren Sinne ist Deutschlands globale Führungsrolle auch im Fertigungssektor bedroht, da auch hier die Wertschöpfung eines Produkts zunehmend von seinen digitalen Komponenten abhängt. Als leistungsfähiger Innovationsträger deckt der deutsche Automobilsektor rd. 43 % der globalen Patente im Bereich „Elektronische Verarbeitung digitaler Daten“ ab. Die Digitalisierung des Automobilsektors wird sich in mehreren anderen Bereichen auf deutsche Hersteller auswirken: Dazu gehören die Bewertung von mit den Produkten verbundenen digitalen Dienstleistungen, die Beschleunigung der Innovationszyklen, neue Kooperationsmöglichkeiten im Bereich der digitalen Innovationen und Unternehmensinvestitionen in digitale Lösungen zur Neuorganisation interner Prozesse. Was die deutschen Autobauer betrifft, wird der Verbrennungsmotor seine bisher zentrale Bedeutung für die Wertschöpfung der Branche verlieren; an seine Stelle treten in Zukunft möglicherweise digitale Komponenten.

Die Digitalisierung bringt unausgewogene Verteilungseffekte mit sich. Laut aktuellen Prognosen des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales werden bis zum Jahr 2040 in Deutschland zwar rd. 3,6 Mio. Arbeitsplätze neu entstehen, aber auch etwa 5,3 Mio. Arbeitsplätze verschwinden (BMAS, 2021^[31]). Diese Ergebnisse berücksichtigen zwar ganz verschiedene Faktoren, die über die Digitalisierung hinausgehen, sie stehen aber im Einklang mit den Beobachtungen der OECD zu den Auswirkungen technologischer Veränderungen auf den Arbeitsmarkt. Neben demografischem Wandel und anderen Herausforderungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt werden z. B. Automatisierungsprozesse vermutlich eine umfassende Verdrängung von Arbeitskräften mit sich bringen. In Bezug auf alle ihre Mitgliedsländer prognostizierte dies die OECD bereits 2018 (Nedelkoska und Quintini, 2018^[43]). Gleichzeitig kann die Digitalisierung und zunehmend wissensintensive Ausrichtung deutscher Unternehmen die regionalen Ungleichgewichte des Landes hinsichtlich Produktivität, Investitionen und Qualität der Infrastruktur noch verschärfen. Dies steht besonders dann zu befürchten, wenn öffentliche Investitionen den Ausgleich solcher Unterschiede nicht umfassend fördern. Die politisch Verantwortlichen stehen deshalb in den kommenden Jahren vor allem vor folgenden Herausforderungen: Die freigesetzten Arbeitskräfte müssen mit den nötigen Kompetenzen ausgestattet werden, damit sie dem Arbeitsmarkt erhalten bleiben, und digitale Technologien (z. B. eine hochwertige Internetverbindung) müssen als öffentliches Gut behandelt werden, ohne das ein Unternehmen am Markt nicht bestehen kann.

Die Coronapandemie hat auch gezeigt, dass die digitale Infrastruktur verbessert werden muss. Während der Pandemie mussten Unternehmen aufgrund der geltenden Beschränkungen Lösungen finden, die es ihren Angestellten erlaubten, von zu Hause aus zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten. Dies verdeutlichte die hohe Bedeutung der Digitalisierung für die Arbeitswelt der Zukunft.

Dabei traten Defizite der digitalen Infrastruktur (wie z. B. unzureichende Übertragungsraten für Video-Konferenzen oder cloudbasierte Zusammenarbeit) ebenso zutage wie bestimmte Schwierigkeiten aufgrund fehlender Kompetenzen. Dies machte deutlich, dass die Akteure der deutschen Wirtschaft auf die neuen Anforderungen unterschiedlich gut vorbereitet waren. Die Gesundheitskrise unterstrich auch die Bedeutung – und das Potenzial – modernen Echtzeit-Reportings, mit dem regelmäßig aktualisierte und detaillierte Informationen über die Gesundheitslage in die Politikgestaltung integriert werden konnten. Die eingeschränkte Digitalisierung verschiedener Stellen der öffentlichen Verwaltung beeinträchtigte dies allerdings zu einem gewissen Grad.

Die Nachhaltigkeitswende beeinflusst die wesentlichen Stärken der deutschen Innovationstätigkeit und bietet dem Land die Chance, eine Führungsrolle zu übernehmen

Die Wirtschaft Deutschlands erwarten grundlegende Umwälzungen, wenn das Land seine Emissionsreduktionsziele gemäß dem Pariser Klimaabkommen erreichen will. Die deutsche Wirtschaft muss Innovationsherausforderungen bewältigen, um wettbewerbsfähig bleiben zu können. Die deutsche Automobilindustrie liefert hierfür ein besonders eindrückliches Beispiel. Die Nachfrage nach Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren dürfte sinken, da sich die Mobilitätsgewohnheiten verändern und die Dekarbonisierung zu einem weltweiten Anliegen geworden ist. Allerdings wird der Verkehrssektor auch weiterhin maßgeblich zum CO₂-Ausstoß Deutschlands beitragen. Die deutschen Fahrzeugbauer verfolgen Hochpreisstrategien, doch in einer Zeit, in der disruptive Innovationen solche Preispolitiken zunehmend untergraben, dürfte die Nachfrage nach den in den oberen Fahrzeugsegmenten angesiedelten deutschen Exporten nachlassen.

Die Fahrzeugbranche ist ein Paradebeispiel dafür, wie wichtig technologische Kompetenzen sind, um die Nachhaltigkeitswende in den Schlüsselsektoren der deutschen Wirtschaft umzusetzen. Zum Beispiel vergrößert sich der Anteil der Elektroautos an den globalen Zulassungszahlen von Jahr zu Jahr, weil diese Fahrzeuge immer besser werden und gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auch zunehmend Kostenvorteile bieten. Das ab 2035 geltende Verkaufsverbot der EU für Neuwagen mit Verbrennungsmotor könnte diesen Trend weiter beschleunigen. Dies zeigt, dass Klimagesetze die Verbraucherpräferenzen in den kommenden Jahren grundlegend ändern werden. Jenseits der Autobranche wird das WTI-System Beiträge zu einer Reihe von technischen Lösungen für umweltpolitische Herausforderungen liefern, z. B. für Carbon Capture and Storage, die Steigerung des Anteils der Erneuerbaren am Energiemix, oder auch für Verbesserungen der Energieeffizienz. In Ermangelung einer konsequenten CO₂-Bepreisung – und solange der Staat die Industrie weiterhin mit Energiesubventionen unterstützt – ist der finanzielle Druck für die deutsche Industrie noch nicht groß genug, um Transformationen anzustoßen. In den kommenden Jahren könnte sich das ändern.

Wie die Digitalisierung kann auch die Dekarbonisierung unausgewogene Verteilungseffekte mit sich bringen, die bestehende Ungleichheiten verschärfen können, wenn kein Ausgleich geschaffen wird. Die Politikverantwortlichen müssen die verteilungspolitischen Effekte im Auge haben. Zum Beispiel konzentriert sich der Kohlebergbau auf einige wenige Regionen (z. B. in der Lausitz und im Rheinland) mit überdurchschnittlicher Arbeitslosigkeit und vergleichsweise wenig unternehmerischer Initiative (OECD, 2020^[8]). Man muss deshalb damit rechnen, dass der Ausstieg aus der Kohleverstromung dort zu einer überproportionalen Verdrängung von Arbeitsplätzen führt, die auch die Gefahr birgt, dass sich bestehende Ungleichheiten zwischen Regionen verstärken. Die indirekten Folgen der Dekarbonisierung – z. B. in der Automobilbranche – dürften den deutschen Arbeitsmarkt deshalb deutlich stärker belasten.

Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung bergen auch wirtschaftliche Chancen. Deutschland hat bereits bewiesen, dass es durch Innovationen neue Produkte und Märkte schaffen kann, die den CO₂-Ausstoß reduzieren. Wie mit staatlicher Politik, die sich auf WTI stützt, strukturelle Transformationen vorangebracht werden können, hat z. B. die Entwicklung von Einspeisetarifen für das deutsche Erneuerbare-Energien-

Gesetz gezeigt. Dabei handelt es sich um einen kostenbasierten Preismechanismus für die Stromerzeugung, der Anreize für Privatinvestitionen in Erneuerbare schafft. Diese Erfolge und das deutsche Innovationspotenzial lassen hoffen, dass das Land seine Zielvorgaben zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors, der Industrieproduktion und anderer kohlenstoffintensiver Wirtschaftszweige erreicht. Diese Chancen zu ergreifen, setzt allerdings einen entsprechenden politischen Willen und hohe Führungskompetenz in der Wirtschaft voraus. Der hohe Bedarf an Investitionen in die altersschwache öffentliche Infrastruktur eröffnet der Regierung die Möglichkeit, durch Subventionen, Investitionen und das öffentliche Beschaffungswesen neue Märkte zu schaffen, die sich günstig auf Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung auswirken.

Die Energiewende Deutschlands ist ein engagierter Plan für die Umstellung auf erneuerbare Energien. Es handelt sich dabei um eine strategische Neuausrichtung, die nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 offizielle Politik wurde und auch vorsah, die deutschen Kernkraftwerke vom Netz zu nehmen. Sie legt die Betonung u. a. auf energietechnologische Innovationen, den Bedarf an Maßnahmen für smarte Energienetze sowie die Exportchancen für Hersteller von Klimaschutztechnologie. Außerdem sieht sie ehrgeizige Zielvorgaben für verschiedene Teilbereiche vor, z. B. für die Senkung der CO₂-Emissionen. Innovationsindikatoren zeigten zuletzt, dass sich die FuE-Ausgaben nach oben orientiert haben und ein steigender Anteil der umwelttechnologischen Patentanmeldungen Innovationen im Energie- und Mobilitätsbereich betrifft (Walz et al., 2019^[44]; Gehrke et al., 2019^[45]). Die Unterstützung der Energiewende für Ansätze, die auf disruptiven Innovationen basieren und deren Zielvorgaben nur mit neuen Verbrauchsmustern erfüllt werden könnten, fällt allerdings zurückhaltender aus. Dabei wird eine Herausforderung sichtbar, die nicht auf Deutschland begrenzt ist. Die rein technische Realisierbarkeit bestimmter Lösungen (z. B. Carbon Capture and Storage oder Wasserstoffanwendungen in der Industrie) steigt zwar, aber bis diese Methoden breite Anwendung finden und am Markt bestehen können, werden noch mehrere Jahre vergehen. Aus dem russischen Krieg gegen die Ukraine resultiert ein Impuls, den deutschen Energiemix zu diversifizieren, doch ein höherer Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch setzt voraus, dass die Innovationsgeschwindigkeit zunimmt, mehr Investitionen fließen und die Unterstützung durch politische Maßnahmen steigt. Mit Blick auf die Zukunft ist die Frage entscheidend, ob es der deutschen Innovationspolitik gelingt, mit einem stimmigen Maßnahmenkatalog sowohl die Verbreitung bereits verfügbarer Technologien zur Senkung des CO₂-Ausstoßes und als auch die Neuentwicklung bahnbrechender Lösungen zu fördern.

Die Schockwirkungen der Coronapandemie und des russischen Kriegs gegen die Ukraine machten strukturelle Schwächen des deutschen WTI-Systems deutlicher sichtbar

In den zehn Jahren vor der Coronapandemie kam es in Deutschland zu einer wirtschaftlichen Expansion, die sich u. a. auf die hohe Exportnachfrage nach deutschen Industrieerzeugnissen stützte. Mit Ausfuhren im Wert von 1,4 Bio. USD war Deutschland im letzten Jahr vor der Gesundheitskrise (2019) die drittgrößte Exportnation nach den Vereinigten Staaten und China. Das Land bedient nach wie vor vornehmlich Kunden im europäischen Ausland, im letzten Jahrzehnt allerdings haben die Lieferungen deutscher Fahrzeuge und elektrischer Komponenten nach China und in die Vereinigten Staaten deutlich zugelegt, sodass diese Exportziele für deutsche Unternehmen immer wichtiger werden. Einige besonders einschneidende Verdrängungseffekte, die an den Arbeitsmärkten anderer Produktionsländer aufgetreten sind, konnte Deutschland bisher vermeiden. Darüber hinaus erzeugt die deutsche Verarbeitende Industrie deutliche Spillover-Effekte für die Gesamtwirtschaft: Pro Arbeitsplatz in diesem Sektor werden 1,2 neue Arbeitsplätze geschaffen (Legler et al., 2009^[46]).

Die Schockwirkungen der Coronapandemie und des russischen Kriegs gegen die Ukraine machten strukturelle Schwächen der exportorientierten deutschen Wirtschaft deutlicher sichtbar. Den beiden sonst sehr unterschiedlichen Ereignissen ist gemein, dass sie Schwachstellen der globalen Lieferketten aufdeckten: 1. Die Wirtschaft ist sowohl für Inputs (Vorleistungen und Rohstoffe inkl. Energie)

als auch für Outputs vom Handel abhängig. 2. Das WTI-System ist nicht robust genug und muss flexibler auf künftige Schocks reagieren können, wenn z. B. die Lieferketten gestört sind, auf die es angewiesen ist und zu denen es beiträgt. 3. Der Politikgestaltung fehlt es an der nötigen Agilität, um in Krisenzeiten Schäden von der Innovationstätigkeit und der Wirtschaft abwenden zu können.

Wird die Versorgung mit bedeutenden Vorleistungen gestört, hat dies konkrete Auswirkungen auf das deutsche WTI-System und den von ihm unterstützten Privatsektor. Als Grenzschießungen den Güterstrom beeinträchtigten, hatten verschiedene Industriezweige in Deutschland mit einer Reihe von Engpässen zu kämpfen. Dies lenkte die Aufmerksamkeit der Politik wieder stärker auf Fragen der technologischen Souveränität und der Produktionssouveränität. Die Fortsetzung der chinesischen Null-Covid-Strategie bis ins Jahr 2022 verstetigte die Engpässe. Dies beeinträchtigte die deutsche Wirtschaftsleistung und war letztlich dafür verantwortlich, dass das Wirtschaftswachstum des Landes drastisch zurückging. Die Nachfrage hielt sich im Allgemeinen während der gesamten Pandemie auf hohem Niveau, aber weil es wegen der Anfälligkeit der globalen Lieferketten an Rohstoffen, Energie oder auch Hightech-Vorprodukten fehlte, konnte die Wirtschaft den Bedarf nicht decken.

Die Krise verdeutlichte auch, wie wichtig es ist, die sozioökonomische Resilienz durch innovative und technologische Reserven zu erhöhen. Besonders deutlich machte dies der Erfolg des deutschen Biotechnologie-Unternehmens BioNTech, das gemeinsam mit dem US-amerikanischen Pharmakonzern Pfizer den ersten von einer stringenten Regulierungsbehörde (*stringent regulatory authority*) freigegebenen Impfstoff gegen Covid-19 entwickelte. Die deutsche Pharmaindustrie investiert viel in FuE, wobei es ihr (wie anderen Wirtschaftszweigen auch) verständlicherweise um den kommerziellen Erfolg geht. Aber der Fall BioNTech veranschaulicht, wie wichtig es ist, technologische Kapazitäten und Innovationskraft in verschiedenen Bereichen aufzubauen und aufrechtzuerhalten, damit sie in Krisenzeiten oder bei besonders vielschichtigen Herausforderungen aktiviert werden können. Der Beitrag des WTI-Systems im Kampf gegen Covid-19 lässt erahnen, dass dieses System möglicherweise auch in anderen komplexen Bereichen etwas bewirken kann, wenn es erneut zu Überschneidungen von Wissenschaft und Innovationstätigkeit mit sozioökonomischen Herausforderungen kommt und die Resilienz des Landes durch die Förderung innovativer Kompetenzen auf verschiedenen Gebieten erhöht werden kann.

Während der Coronapandemie half agile Politikgestaltung der deutschen Wirtschaft und Gesellschaft, die Krise relativ gut zu überstehen. Schnelle und durchdachte Interventionen der deutschen Politik retteten Menschenleben und milderten die Auswirkungen für Unternehmen ab. 2020 haben umfassende und von einer expansiven Fiskalpolitik flankierte Maßnahmen Arbeitsplätze erhalten und Unternehmen vor der Insolvenz bewahrt. Ein diskretionäres Konjunkturpaket in einem Umfang von 4,5 % des BIP sicherte die Liquidität von Firmen durch Darlehen, Bürgschaften, Zuschüsse und Eigenkapitalhilfen: Der unnötige Marktaustritt an sich rentabler Unternehmen und langfristige wirtschaftliche Schäden wurden dadurch verhindert. Trotzdem zeigen die oben dargelegten Herausforderungen, dass die deutsche Wirtschaft und ihr Innovationssystem eine Reihe von strukturellen Schwächen aufweist.

1.5. Empfehlungen

Kontext der Politikempfehlungen

Die hier vorgelegten Politikempfehlungen konzentrieren sich auf die Stärkung des WTI-Systems und seiner Zukunftsfähigkeit. Komplexe transformative Prozesse wie die Digitalisierung und der Wandel infolge des gesellschaftlichen Rufs nach ökologischer Nachhaltigkeit werden die Erzeugnisse und Märkte des für Deutschland so wichtigen Verarbeitenden Gewerbes erheblich verändern. Angesichts des umfassenden und gut funktionierenden deutschen Innovationspolitiksystems konzentrieren sich die Empfehlungen auf die Rahmenbedingungen der Innovationstätigkeit, die Governance der WTI-Politik, nachfrageseitige

innovationsfördernde Maßnahmen und die Agilität der Politikmaßnahmen. Die Vielfalt der Politikinstrumente auf Bundes- und Länderebene zur Stärkung der Innovationstätigkeit bleibt für den künftigen Erfolg entscheidend und muss aufrechterhalten werden.

Die Politikempfehlungen spiegeln Deutschlands Ambitionen als ein global führendes Land wider und setzen deshalb auf einem hohen Niveau für Deutschlands Innovationsökosystem und -politik an. Im Kontext der ökologischen und digitalen Transformation muss Deutschlands Innovationsökosystem diesen Führungsanspruch stärker durch disruptive und wirkungsvolle Innovationen stärken. Zu den wichtigsten Herausforderungen gehört die Frage, wie das WTI-System bahnbrechende Innovationstätigkeiten fördern kann, auch indem es KMU mit den für technologische Spitzenforschung erforderlichen Kompetenzen und technischen Kapazitäten ausstattet und gewährleistet, dass diese Forschung skaliert und kommerziell verwertet werden kann. Der Bericht betont auch die Bedeutung der Förderung von Schlüsseltechnologien.

Der Bericht konzentriert sich auf angewandte FuE, Fragen in Bezug auf die Grundlagenforschung übersteigen seinen Rahmen. Allerdings haben auch diese Forschungsbereiche wesentliche Bedeutung für die Funktionsweise und künftige Wettbewerbsfähigkeit des deutschen WTI-Systems. Das hohe Niveau der Staats- und Unternehmensausgaben in diesen Bereichen ist zu begrüßen. Es ist eindeutig eine Stärke des deutschen Innovationssystems, und der Bericht empfiehlt, dieses starke Engagement beizubehalten.

Empfehlung 1: Eine gemeinsame Vision „Deutschland 2030 und 2050“ entwickeln

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Die meisten transformativen Herausforderungen, die sich aus der Nachhaltigkeitswende und dem digitalen Wandel ergeben, stellen Deutschlands bestehendes Governance-System für Innovation infrage. Das hat zu wichtigen experimentellen Ansätzen geführt, insbesondere im Rahmen der Strategie für Forschung und Innovation (F&I-Strategie) (vgl. Kapitel 5), um neue Governance-Modelle für Wissenschaft, Technologie und Innovation zu entwickeln. Diese Empfehlung sieht die Einrichtung eines systemweiten „Forums“ vor, das das deutsche WTI-System auf bestimmte Ziele ausrichten soll, die in einer strategischen Vision beschrieben sind. Der Vorschlag zielt auf eine zeitgebundene und kollaborativ entwickelte Vision für Deutschland. Für die Verwirklichung der Vision wird diese Empfehlung durch Empfehlung 2 zur Einrichtung eines öffentlich-privaten Labors für die Erprobung von Innovationspolitik ergänzt.

E1.1 Die Bundesregierung sollte ein ressort-, länder-, institutionen- und sektorenübergreifendes Forum einrichten, um den Prozess der Entwicklung einer gemeinsamen Vision zu steuern, die auf identifizierten prioritären Handlungsbereichen aufbaut. Ziel dieses Forums ist es, eine breite Teilhabe bei der Politikgestaltung und der Ermittlung von Prioritäten zu gewährleisten, um sowohl die Horizontalität und multidisziplinären Ansätze zu fördern, die den Herausforderungen von Transformationen gerecht werden, als auch die soziale und politische Legitimität der vorgeschlagenen Maßnahmen sicherzustellen. Das Forum sollte zudem ein Umfeld bieten, in dem alle Politikbereiche (z. B. Digital-, Sozial-, Bildungs-, Umwelt- und Gesundheitspolitik) in ihren Wechselbeziehungen mit WTI diskutiert werden können. Obwohl diese Themenkomplexe außerhalb des traditionellen WTI-Politikportfolios liegen, haben sie unweigerlich Einfluss auf die Wirksamkeit von Politikinterventionen.

E1.2 Das Forum sollte Innovationspfade entwickeln, um die angestrebte Vision „Deutschland 2030 und 2050“ zu verwirklichen, sowie Konzepte für den Umgang mit künftigen Risiken und Teilhabefragen bei der Ausrichtung der Innovationspolitik erarbeiten. Die digitale Transformation und das Bestreben um ökologisch nachhaltige Entwicklungspfade bringen für alle Länder bedeutende sozioökonomische Veränderungen mit sich. Hinzu kommen die erhöhten Risiken, darunter Gesundheitsgefahren (wie die Covid-19-Pandemie), geopolitische Konflikte und Klimawandel, die durch die Verflechtung der Weltwirtschaft entstehen. Eine gemeinsame Vision ist das Fundament für beständigeres und strategischeres Handeln, anstatt die

Herausforderungen ad hoc und reaktiv zu adressieren. Die Teilhabedebatte sollte auch potenzielle Zielkonflikte zwischen Innovationsexzellenz und Teilhabe thematisieren und sich damit auseinandersetzen, wie diese Herausforderungen am besten angegangen werden können.

E1.3 Die Vision und das Forum müssen auf höchster Regierungsebene, von führenden Wirtschaftsakteuren und von der Gesellschaft als zentral anerkannt werden, um eine Agenda des Wandels im WTI-System wirksam voranzubringen. Das Forum sollte hochrangige politische Unterstützung erhalten, damit es auf die Mitwirkung von Ministerien und Institutionen auf Bundes- und Länderebene und von WTI-Akteuren im weiteren Sinne zählen kann.

E1.4 Für eine effektive Verwirklichung muss ein öffentlich-privat budgetierter Strategieplan zur Umsetzung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ erstellt werden. Der Plan sollte sich auf wesentliche thematische Handlungsbereiche und das Monitoring der in verschiedenen Phasen erzielten Fortschritte konzentrieren. Hauptthemen sind Digitalisierung und das Erreichen der ökologischen Nachhaltigkeitswende und die Rolle von Innovationen und generell WTI in diesem Zusammenhang. Weitere mit diesen verknüpfte Themen sind die Stärkung der Krisenresilienz (z. B. in der Lieferkette), Schlüsseltechnologien, die industrielle Transformation und Diversität im Innovationssystem (Geschlecht, Alter, ethnische Herkunft und sozioökonomischer Hintergrund). In Abhängigkeit davon, welche Prioritäten für „Deutschland 2030 und 2050“ gesetzt werden, könnten spezifischere Themen hinzukommen.

E1.5 Wichtig ist, dass die entlang zentraler Missionen definierte Verwirklichung nicht von oben nach unten (top-down), sondern von unten nach oben (bottom-up) und marktorientiert erfolgen sollte. Bottom-up-Ansätze können schnellere Implementierungspfade zur Verwirklichung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ fördern. Insbesondere aktorsgetriebene Ansätze können die Transformation beschleunigen, indem sie Innovationspioniere in bestimmten Regionen, Sektoren, Städten und Politikbereichen „belohnen“. Marktorientierung ist auch ein Schlüsselaspekt des Plans zur Verwirklichung der Vision, in dem Transformationspfade und Partnerschaften mit Partnern aus der Industrie aufgezeigt und vereinbart werden sollten. Auf diese Weise verpflichten sich sowohl der Staat als auch die Industrie zu Investitionen und anderen Beiträgen oder Initiativen (wie die Initiative „Fossilfreies Schweden“, bei der Roadmaps für die Industrie zwischen Industrie und Staat ausgehandelt wurden), die die Transformation fördern. Der Transformationsdialog Automobilindustrie ist ein erster Versuch in diese Richtung.

E1.6 Wichtige Ziele des Forums und der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ wären das Erschließen systemischer Kapazitäten für WTI und eine bessere Koordinierung bei missionsorientierten Ansätzen. Deutschland hat eine Reihe missionsorientierter Ansätze für WTI entwickelt, sie sind jedoch nicht immer transformativ genug und leiden unter mangelnder Kohärenz und Koordination zwischen den Missionen.

Empfehlung 2: Ein öffentlich-privates Labor für experimentierfreudige and agile Innovationspolitik einrichten

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Der rasante technologische Wandel und die Beschaffenheit der transformativen Herausforderungen, die auf die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft zukommen, erfordern eine agilere Politikgestaltung und mehr Raum für Experimente. In der WTI-Politik bedarf es vorausschauender Strategien, gemeinsam mit Akteur*innen der Zivilgesellschaft konzipierter Maßnahmen sowie digitaler Instrumente, die Innovationskonzepten eine solide Datengrundlage geben. Beispiele hierfür sind semantische Auswertungen und Big-Data-Analysen, um Daten, die für das WTI-System relevant sind, zu erfassen und zu analysieren. Eine agilere WTI-Politik könnte die Wirksamkeit missionsorientierter Maßnahmen steigern, dazu beitragen, die

effizientesten Politikansätze zu skalieren, und raschere Kurskorrekturen ermöglichen. Dies sind entscheidende Voraussetzungen einer deutschen Führungsrolle durch Sprunginnovationen und neuen damit verbundenen Geschäftsmodellen. Die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ des vorgeschlagenen Forums (siehe Empfehlung 1 [E1]) sieht vor, mit dem globalen Wandel Schritt zu halten, um Transformationsprozesse kontrollieren zu können. Dafür würde das hier empfohlene öffentlich-private Labor bestimmte Kernbereiche der Innovationspolitik agil gestalten.

E2.1 Als institutioneller Arm des Forums (vgl. E1) sollte das Labor agile Politikgestaltung unterstützen, Reflexivität, Experimente und Lernprozesse fördern und beschleunigen sowie die großen Veränderungen voranbringen, die nötig sind, um die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ des Forums umzusetzen. Dementsprechend wäre es Aufgabe des Labors, Leistungsträger, die Experimente durchführen, und vielversprechende Innovationen im gesamten WTI-Ökosystem zu fördern. Davon könnten auch öffentliche Einrichtungen profitieren, die mit Regulierungsexperimenten (vgl. Empfehlung 3 [E3]) oder mit der Beschaffung von Innovationen (vgl. Empfehlung 6 [E6]) befasst sind, ebenso wie städtische Initiativen und andere Bottom-up-Ansätze zur Unterstützung von Transformationen. Gefördert würden auch federführend auf Länderebene initiierte Experimente für Kernaufgaben wie die Digitalisierung des öffentlichen Sektors sowie neue Konzepte für die Beschaffung von Innovationen auf allen Verwaltungsebenen, einschließlich der Kommunen. Das Labor hätte auch den Auftrag, die Abstimmung zwischen Fachministerien, öffentlichen Einrichtungen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu verbessern. Es würde regionaler Kompetenzen nutzen, um die Entwicklung und Skalierung besonders vielversprechender Regulierungs- und Politikansätze zur Bewältigung von Innovationsherausforderungen zu beschleunigen. Eine wichtige Aufgabe des Labors wäre zudem die Suche nach Möglichkeiten, die Reflexivität zu erhöhen, Lehren aus politischen Experimenten zu ziehen und (bei Bedarf) grundlegende Politikveränderungen zu erleichtern.

E2.2 Das Labor würde Umsetzung und Monitoring fördern und die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ voranbringen (vgl. E1). Konkret könnte es eine strategische Vorausschau als Grundlage der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ durchführen und zugleich Entwicklungen und Abstimmungsprobleme im Auge behalten, die Transformationsprozesse behindern könnten. Dafür würde das Labor die gesamte Innovationskette von der Ideenfindung bis zur Markteinführung berücksichtigen und den Austausch zwischen den verschiedenen Akteur*innen fördern. Das Innovationslabor würde auch Vermittler des Wandels unterstützen, die den Märkten und diversen Beteiligten des WTI-Systems helfen, die Vision zu verwirklichen. Dies würde namentlich in Form von Auszeichnungen, Wettbewerben usw. geschehen. Beispielsweise würde es die Planung und Einrichtung von Reallaboren und andere Ansätze für flexiblere Rechtsrahmen unterstützen (nähere Einzelheiten siehe E3). Auf ähnliche Weise könnte es auch nachfrageseitige Mechanismen zur Ankurbelung der Innovationstätigkeit fördern (z. B. die öffentliche Beschaffung von Innovationen, wie in E6 dargelegt), und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen begünstigen. Besonders wichtig wäre die Förderung von Sprunginnovationen durch die Unterstützung der Aktivitäten der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) und, im weiteren Sinne, risikofreudigere unternehmerischere Initiativen.

E2.3 Autonomie und finanzielle Ausstattung des Labors würden es ihm ermöglichen, Fachkräften mit unterschiedlichen Profilen mit Hilfe von alternativen Arbeitsverträgen anzubieten und flexibel mit Innovationsakteuren zusammenzuarbeiten. Entsendungen oder befristete Einstellungen würden den Austausch mit der Wirtschaft intensivieren, damit die Politikgestaltung auf wissenschaftlichem und technologischem Neuland oder in besonders komplexen Bereichen technische und unternehmerische Erfahrungen sowie praktisches Wissen berücksichtigt. Um zu verhindern, dass das bereits sehr dichte Netz an WTI-Politikakteur*innen noch komplexer wird, wäre das Labor keine permanente Einrichtung. Seine Rolle ist es allein die

neue Agenda des Wandels für künftige Transformationen in der WTI-Politik und insbesondere neue Prozesse auf den Weg zu bringen.

Empfehlung 3: Ausweitung und Verankerung agiler politischer Instrumente zur Unterstützung von Innovationsbemühungen kleinen und mittlerer Unternehmen (KMU) im Rahmen der digitalen und ökologischen Transformationen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Die Bundesregierung sollte Instrumente (wie beispielsweise Reallabore) in alle relevanten Politikbereiche integrieren, um deren Potenzial für Veränderungen maximal auszuschöpfen, um die betreffenden Methoden im Kontext ihres WTI-Ansatzes zu normalisieren und um zusätzliche Daten zur Evaluierung dieser Maßnahmen zur Optimierung dieser Instrumente zu generieren. Reallabore bezeichnen eine eingeschränkte Form von regulatorischen Ausnahmetatbeständen beziehungsweise die Gewähr größerer Flexibilität für Unternehmen, die es ihnen ermöglicht, innovative Technologien, Produkte oder Dienstleistungen zu testen, die dem bestehenden Regelungsrahmen nicht vollständig entsprechen. Zugleich sollte die Regierung größere Flexibilität in bestehenden Regelungs- und Politikbereichen vorsehen und angesichts der tiefgreifenden Transformationen einen risiko- und experimentierfreudigeren Ansatz der politischen Entscheidungsfindung wählen.

E3.1 Bürokratische und administrative Barrieren für KMUs und Start-up-Unternehmen abbauen. Die Bundesregierung sollte sowohl die Verfahren für bestimmte Verwaltungsdienstleistungen gegenüber Unternehmen als auch administrative Schritte rationalisieren, die für den Erhalt von WTI-Fördermaßnahmen wie beispielsweise Innovationszuschüsse auf Seiten der Unternehmen erforderlich sind. Einige KMUs und Start-ups schrecken vor Anträgen im Rahmen von Förderprogrammen zurück, da die Antragsverfahren mit beträchtlichem Aufwand verbunden sind. Wo rechtliche Hürden eine Vereinfachung und Flexibilisierung von Fördermaßnahmen verhindern, sollte die Bundesregierung eine Prüfung der durchführbaren Änderungen vornehmen, um die Zugangsbedingungen zu verschlanken. Programme wie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (BMWK) oder KMU-innovativ (BMBF) haben vorgemacht, wie mit bewährter Praxis die Zahl der Erstteilnehmer an Forschungs- und Innovations-Förderinitiativen erhöht werden kann.

E3.2 Die Regierung sollte ein Programm zur Digitalisierung von Regierungs- und Verwaltungsmaßnahmen, -dienstleistungen und -verfahrensabläufen auflegen. Die Digitalisierung öffentlicher Dienstleistungen sollte im Anschluss an die Rationalisierung bestehender Vorschriften und Verfahren voranschreiten. Der Schwenk zur digitalen Leistungserbringung würde den Zweck erfüllen, sämtliche Interaktionen zwischen Unternehmen – insbesondere KMU und Start-ups – an einer einzigen Anlaufstelle, vorzugsweise als digitaler Service „aus einer Hand“ ablaufen zu lassen. Dies würde, mehr als nur eine Digitalisierung vorhandener analoger Verfahren, deren Verbesserung (beispielsweise durch den Entfall von Zwischenschritten) erfordern. Es wäre auch vorzusehen, Daten aus der Nutzung digitaler Dienstleistungen zu erheben, um die politischen Entscheidungen zu Instrumenten durch die Analyse dieser Daten weiter zu verbessern. Die Nutzung von neuen Methoden wie z.B. maschinelles Lernen und semantische Analyse, könnten sowohl die Qualität des Regierungs- und Verwaltungshandelns verbessern als auch die Regierung in die Lage versetzen, als führender Akteur die digitale Transformation des öffentlichen und privaten Sektors weiter zu beschleunigen.

E3.3 Den Einsatz von Reallaboren ausweiten. Der Beschluss der deutschen Reallabor-Strategie – der Einsatz von Reallaboren in Deutschland wird in Kapitel 9 zur politischen Reaktions-schnelligkeit und in der entsprechenden Empfehlung 2 zur Einrichtung eines Politiklabors erörtert – war ein entscheidender Schritt hin zu einer Nutzung von Reallaboren, zusätzlich sollte das Augenmerk jedoch auf folgende Aspekte gerichtet werden:

- Stärkung der regulatorischen Zusammenarbeit zwischen den diversen Bundesbehörden sowie zwischen den kommunalen, Länder- und Bundesbehörden bei der Einrichtung von Reallaboren. Dies ist insofern von besonderem Belang, als neu aufkommende innovative Bereiche häufig quer durch traditionelle Industriesektoren und Aufgabenbereiche von Regulierungsbehörden und Bundesministerien verlaufen.
- Gezielte Ansprache von KMU und Start-ups, um zu gewährleisten, dass sie Zugang zu Reallaboren finden und dass die Zulassungskriterien jüngere oder kleinere Firmen nicht ausschließen. Zusätzlich sollte die Bundesregierung weiterhin Sensibilisierungsinitiativen im Hinblick auf die Chancen und Möglichkeiten von Reallaboren ergreifen, insbesondere für die Zielgruppen KMU sowie Bürger*innen. Ein möglicher Ansatz hierfür ist die Veranstaltung von Wettbewerben. Die Einrichtung von Reallaboren setzt zudem voraus, dass eine mögliche Vereinnahmung von Rechtsvorschriften durch teilnehmende Firmen vermieden wird.

E3.4 Eine benutzerfreundliche einheitliche digitale Anlaufstelle für die Inanspruchnahme von WTI-Maßnahmen fördern. Deutschland bietet dem Privatsektor derzeit eine Fülle von Instrumenten zur Innovationsförderung, deren Wirksamkeit insgesamt erhöht werden könnte. Zu diesem Zweck sollte die öffentliche Verwaltung erwägen, die Kommunikation für diese Instrumente zu verbessern, die aktuell eine zentral koordinierte Plattform als Verzeichnis verfügbarer Instrumente (Förderfinder des Bundes) sowie individuelle Beratungsleistungen umfasst, die es den Firmen ermöglichen, bedarfsgerechte Angebote auszuwählen (Förderberatung Forschung und Innovation des Bundes). Eine Ergänzung dieser Leistungen durch eine vollentwickelte einheitliche digitale Anlaufstelle für die Inanspruchnahme von WTI-Maßnahmen durch KMU, Start-ups und Einzelunternehmer würde den Zugang und die Nutzung von Förderprogrammen verbessern. Diese einheitliche digitale Anlaufstelle sollte es Unternehmen (im In- und Ausland) auch ermöglichen, ihre Förderfähigkeit für verschiedene innovationsfördernde Instrumente auf einfache Weise zu prüfen. Sie würde zudem die bereits bestehenden Beratungsaktivitäten durch Zentralisierung und Digitalisierung der intern abzuwickelnden Antragsverfahren für die genannten Instrumente einbinden. Die Plattform könnte überdies als Vehikel für eine ziel- und herausforderungsorientierte Innovation fungieren und so auf Unternehmensseite die Kenntnisnahme von und Beteiligung an Innovationsprogrammen zur Förderung sozio-ökonomischer Ziele erhöhen.

Empfehlung 4: Dateninfrastruktur und -zugang verbessern, vor allem in der Industrie

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Empfehlung 4 betont, dass Daten ein Schlüsselfaktor sind. Sie sind entscheidend für eine größere Agilität in der politischen Entscheidungsfindung und eine innovativere Anwendung des Vergaberechts sowie für die Datenverarbeitung auf Unternehmensebene zur Verbesserung von Forschung und Effizienz. Eine verbesserte Kohärenz und Interoperabilität der Dateninfrastruktur zugunsten eines digitalen Innovationschubs sollte prioritäres politisches Ziel des staatlichen Handelns im WTI-Bereich sein. Auch die wirkungsvolle Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu Innovationszwecken hängt von einer zugänglichen und gut konzipierten Dateninfrastruktur ab.

Mit Blick auf die Innovationskraft Deutschlands und den internationalen komparativen Vorteil des Landes sollte der strategische Einsatz von Unternehmensdaten für Innovationszwecke Priorität sowohl im öffentlichen als auch im Privatsektor genießen, insbesondere in innovationsintensiven Branchen wie der Automobilindustrie, im Maschinenbau sowie in der Chemie- und Pharmaindustrie. Dies erfordert Top-down-Ansätze und rahmenorientierte Ansätze, die durch politische Maßnahmen ergänzt werden, um die Anwendung von datenerzeugenden und datennutzenden Technologien auf Unternehmensebene zu

verbessern. Offene Innovationsplattformen und Gemeinschaftsprojekte zur Verwertung solcher Daten sind zudem notwendig, dieses Potenzial zu erschließen.

E4.1 Die Regierung sollte ein Programm fördern, das darauf abzielt, die Dateninfrastruktur des Landes zu verbessern und die Aufnahmekapazität des öffentlichen und privaten Sektors im Bereich der Infrastruktur- und des Humankapitals zu erhöhen. Dieses Programm sollte einen klar umrissenen Auftrag enthalten und seinen Schwerpunkt eindeutig darauflegen, im Unternehmenssektor und in der Forschung erzeugte Daten zur WTI-Förderung zu nutzen. Das Programm wäre dafür zuständig, Engpässe in der weichen und harten Infrastruktur, die eine Verbesserung der Dateninfrastruktur und des Datenzugriffs behindern, abzubauen.

E4.2 Die Regierung sollte die vom Unternehmenssektor generierten Daten als strategische Dividende ansehen, mit der die Innovationstätigkeit und die Wettbewerbsfähigkeit des Landes gestärkt werden können. Da die zentrale Rolle von Daten für Innovation im Rahmen der Datenstrategie der Bundesregierung anerkannt wurde (BKAmT, 2021^[47]), könnte Deutschland seine Position als größte Volkswirtschaft Europas nutzen, um sicherzustellen, dass hochwertige, interoperable und zugängliche Unternehmensdaten sich zu einer zusätzlichen Stärke des Innovationssystems und der Wirtschaft des Landes entwickeln. Im Hinblick auf die Infrastruktur sind die Programme GAIA-X und IPCEI-CIS (wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse), die beide auf eine Förderung von europäischen Cloud-Infrastrukturen und -Dienstleistungen abzielen, erste Schritte in diese Richtung. Das gilt in noch stärkerem Maß für die laufenden Bemühungen zur Digitalisierung der Wertschöpfungskette des Automobilsektors mithilfe von Initiativen wie beispielsweise der Plattform CATENA-X. Diese Initiativen sind zwar bedeutsam, müssen jedoch skaliert werden. Außerdem ist es erforderlich, ihren Anwendungsbereich auszuweiten und die Umsetzung zu beschleunigen. Eine industrieweite Strategie erfordert eine kohärente und systematische Herangehensweise zur effektiven Nutzung von Unternehmensdaten für Innovationszwecke. Sie sollte mit den Akteuren sowohl auf nationaler Ebene als auch länderübergreifend verfolgt werden.

E4.3 Um die datengesteuerte Innovation zu fördern, sollte die Bundesregierung Hemmnisse, die der Nutzung der von KMU erzeugten Daten entgegenstehen, abbauen und den Zugang von KMU zu sektorübergreifend erzeugten Daten ausbauen. Insbesondere sollte die Bundesregierung die Straffung der regulatorischen Unterschiede zwischen den Bundesländern unterstützen und Hilfestellung bei der Umsetzung der Datenschutz-Grundverordnung leisten. Sie sollte die Rechtssicherheit erhöhen und gegebenenfalls eine flexiblere Nutzung von Daten für innovative Verfahren fördern, indem sie die Unternehmen ermutigt, die erforderlichen immateriellen Investitionen vorzunehmen, die es ihnen ermöglichen, Daten für Innovationszwecke zu erzeugen, zu speichern und zu verarbeiten. Zugleich sollte die Bundesregierung die Dringlichkeit erkennen, Unternehmen mit geeigneter Konnektivitätsinfrastruktur auszustatten – das gilt für Breitband-Glasfaserkabel wie auch für 5G-Verbindungen, die für die enormen Datenvolumina der Industrie-4.0-Verfahren erforderlich sind –, um datengesteuerte Innovation und Produktion im Kontext des digitalen Wandels zu fördern.

E.4.4 Offene Innovationsplattformen und -ansätze fördern. Die Erzeugung von Daten ist eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Voraussetzung für Innovation. Um im digitalen Zeitalter erfolgreich zu sein, müssen Firmen Zugriff auf Daten haben und mit der erforderlichen Kenntnis und Technologiekompetenz ausgestattet sein, um diese Daten zu verarbeiten und zu nutzen. Außerdem verfügen einige Firmen nicht über genügend eigene Kapazitäten, um die selbst erzeugten oder erzeugbaren Daten für die Wertschöpfung oder neue Erkenntnisse zu nutzen, während andere Unternehmen dazu in der Lage sind. Dies unterstreicht, wie wichtig es ist, einen offenen Innovationsansatz – den die Bundesregierung seit Einführung ihrer Datenstrategie 2021 verfolgt – zu unterstützen und Plattformen zu gründen, die weitere Innovationsakteur*innen in die Schaffung von Innovationen auf Grundlage von Unternehmens- und Industriedaten einbinden. Ein

wichtiger Zusatznutzen derartiger offener Innovationsplattformen besteht darin, dass sie eine weitere firmenübergreifende Zusammenarbeit ermöglichen also auch die Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten und Universitäten.

Empfehlung 5: Den disziplinen- und sektorübergreifenden Wissenstransfer und die Zusammenarbeit in diesem Bereich verbessern

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Ein weitreichender und inklusiver Wissensaustausch und die Zusammenarbeit zwischen Institutionen, Disziplinen und Sektoren sowie multidisziplinäre, offene Innovationsansätze sollten zu Eckpfeilern der deutschen WTI-Politik werden. Ein Erfolg in diesem Bereich hätte weitere positive Ausstrahlungseffekte auf die Inklusivität im WTI-Bereich, indem beispielsweise weitere Kreise der Bevölkerung mit Fertigkeiten außerhalb von Naturwissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik (der sogenannte MINT-Bereich) für Innovationen begeistert werden. Deutschlands traditionelle innovative Stärken bündeln sich im Allgemeinen innerhalb bestimmter Branchen, sodass jeweils innerhalb eines speziellen Clusters oder Industriezweigs Wissen entsteht und Technologie transferiert und angewandt wird. In einer digitalisierten Welt hingegen vollzieht sich der Wissens- und Technologietransfer zunehmend an der Schnittstelle zwischen digitalen Technologien und den „analogen“ Sektoren. Zudem sind angesichts der Herausforderung durch die nachhaltige Entwicklung Sprunginnovationen vonnöten – und werden dies auch weiterhin bleiben. Erfolge bei diesen Innovationen benötigen einen wirkungsvollen Wissenstransfer und die Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft in Form von offener Innovation und industriell-wissenschaftlicher Kollaborationen über sämtliche Sektoren der Wirtschaft hinweg beruhen. Die Förderung von Wissenstransfer und Zusammenarbeit sollte über die traditionell innovativen Sektoren hinaus gehen. Der Erfolg der von der Bundesregierung unlängst abgeschlossenen Pilotphase des „Innovationsprogramms für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen (IGP)“ hat u. a. das Potenzial von staatlich geförderten Programmen zur Förderung nicht-technischer und multidisziplinärer Innovationen in Bereichen wie Design digitaler Plattformen bis hin zu Social Investment nachgewiesen.

E5.1 Die Zusammenarbeit von Universitäten mit der Industrie fördern und Forschungsinstitute dabei unterstützen, eine führende Rolle in der Übergangsphase auf dem Weg zur Verwirklichung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ zu übernehmen. Ein Teil der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ sollte darin bestehen, das Verhältnis zwischen Forschungsinstituten und der Industrie neu zu strukturieren, um sicherzustellen, dass es den Wissenstransfer und die Kollaboration zu Innovationszwecken in Bereichen von zukünftiger Bedeutung unterstützt und zugleich einen „Ökosystem-orientierten“ Innovationsansatz begünstigt. Zu diesem Zweck sollten die Beiträge von Innovationsakteur*innen zum Wissenstransfer und zur Zusammenarbeit eine formelle Säule der institutionellen Zuständigkeiten von Forschungsorganisationen in Deutschland bilden, wobei eine Informations- und Ausbildungskampagne diesen Wandel begleiten sollte. Eine solche Strategie würde dadurch begünstigt, dass die betreffenden Ziele in eine leistungsorientierte Finanzierung eingebettet und ein System von Evaluierungsindikatoren entwickelt werden, einschließlich qualitativer Evaluierung, um die Sichtbarkeit der einschlägigen Programme zu verbessern. Die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ könnte überdies einen formellen Mechanismus zwischen dem in Empfehlung 1 vorgeschlagenen Labor und dem Hochschulsystem etablieren, um die Forschungsinstitute in die deutschen Transformationsprozesse einzubinden, u. a. durch Beiträge zu den Umweltentwicklungszielen.

E5.2 Den Aufbau von universitären Proof-of-Concept-Fonds anregen und ermöglichen, um Ausgründungen und Start-ups aus dem Hochschulbereich zu unterstützen. Im Wege ihrer Direktfinanzierung von FuE an Hochschulen sollte die Bundesregierung die Einrichtung von Proof-of-Concept-Fonds innerhalb der Universitäten anregen, die durch Beiträge aus der Industrie ergänzt werden könnten. Diese Fonds dürften den Technologietransfer beschleunigen und neue

Ideen zur Marktreife bringen. Zu diesem Zweck sollte die Regierung rechtliche Möglichkeiten erwägen, die es Universitäten gestatten und leichter machen würden, unmittelbar mit externen Finanzakteuren in Kontakt zu treten, so beispielsweise mit Risikokapitalfirmen und dem Bankwesen im Allgemeinen, wie es derzeit von Hochschulen in Ländern wie Belgien, Dänemark und dem Vereinigten Königreich unternommen wird. Zudem sollte die Regierung einen langfristigen Ansatz für die Überwachung und Bewertung des Aufbaus von Proof-of-Concept-Programmen an Hochschulen verfolgen – ein Luxus, der dem Privatsektor (insbesondere den KMU) nicht zu Gebote steht.

E5.3 Anreize für Wissenschaftler*innen zur Aufnahme von Innovationsaktivitäten verstärken. Politische Entscheidungsträger und Universitäten müssen bessere Anreize für Wissenschaftler*innen zu Aufnahme innovativer Tätigkeiten setzen und die hier einschlägigen Hemmschwellen abbauen. Die Etablierung einer transparenten Leistungsevaluierung auf institutioneller und Forscher-Ebene unter Berücksichtigung von Wissenstransfer und Kollaborationen wird in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielen. Hierzu zählt die Sensibilisierung auf Unternehmensebene und ein höherer Bekanntheitsgrad unter Studierenden sowie Dozent*innen, um insbesondere zu gewährleisten, dass die Mitglieder des Lehrkörpers zur Unterstützung von Studierenden ermuntert werden, die mit Ideen an sie herantreten, oder auch selbst dazu angeregt werden, eigene Ideen zu entwickeln und zu verfolgen. Wissenschaftler*innen sollten Anreize erhalten, Entsendungen in den industriellen Sektor wahrzunehmen. Zugleich sollten die Regierung und das Hochschulsystem finanzielle Anreize setzen (beispielsweise Kapitalbeteiligungsrechte und Lizenzentnahmen) und Hemmnisse für universitätsinterne Start-ups abbauen.

E5.4 Multidisziplinäre und unternehmerische Ausbildung innerhalb des gesamten Bildungssystems unterstützen, um Unternehmertegeist sowie Ausgründungen und Spin-in-Unternehmen zu fördern. Ausbildungsmaßnahmen sollten zudem inklusiv ausgelegt sein und Gruppen aus allen Teilen der Gesellschaft ansprechen. Die Bundesregierung sollte die Inklusion unterrepräsentierter Gruppen wie Frauen und Migranten im Wissenschaftsbereich bei der Aufnahme von Innovationstätigkeiten fördern, von der Mitwirkung an Ausgründungen aus dem Wissenschaftsbereich bis hin zur Leistung von Beiträgen zu Wissenstransfer und Kollaborationen. Hochschulbasierte „Spin-in“-Unternehmen, die Forschende mit Unternehmer*innen in Kontakt bringen, können ein effizienter Weg sein, um komplementäre Fähigkeiten für Innovationen zu nutzen, statt alle Forschenden in eine Unternehmerrolle drängen zu wollen.

E5.5 Rechenschaftspflicht stärken und einen Rahmen zur Leistungsmessung entwickeln. Die Bundesregierung sollte die Erstellung eines zentralen Satzes von Indikatoren zur Evaluierung für den Wissenstransfer und Mechanismen für eine regelmäßige jährliche Berichterstattung fördern. Dies setzt die Stärkung der Erstellung von Indikatoren zur Evaluierung auf institutioneller Ebene durch Einführung einer Berichtskultur und damit verbundener Prozesse voraus, sowie eine Erhebung ganzheitlicherer Indikatoren einschließlich einer qualitativen Evaluierung (d. h. Pfade und Beispiele) und neue Handlungsansätze zur Folgenabschätzung des Wissenstransfers.

E5.6 Chancen für eine offene Innovation und kreative Kollaboration erhöhen. Deutsche KMU könnten von weiteren Initiativen für offene Innovation und kreative Kollaboration profitieren. Zu diesen Initiativen zählen gemeinsame Innovationslabore (und gemeinsam genutzte oder finanzierte Infrastruktur und Geräte), digitale Innovationszentren, offene Innovationsplattformen, offene FabLabs, sowie Test- und Demonstrationsplattformen, Reallabore und Hackathons. Kreative Kollaborations- und Innovationslabore können die Form von Digitallaboren oder virtuellen Laboren annehmen und Forschungs- und Datenaustausch, gemeinsame Gestaltung und Erstellung von Lösungen sowie deren Pilot- und Testphase ermöglichen. Eine solche Bündelung unterschiedlicher Kompetenzen könnte die Infrastruktur- und Forschungskosten signifikant senken und die Entwicklung beschleunigen.

Empfehlung 6 Finanzmärkte fördern, die ein Aufskalieren von Sprunginnovationen fördern

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Obwohl Unternehmen in Deutschland im Allgemeinen guten Zugang zu Kapital haben, sind junge und kleine Unternehmen weiterhin Herausforderungen bei der Beschaffung von für die Skalierung notwendigem Kapital ausgesetzt. Dieser Umstand spiegelt z. T. die verhältnismäßige Unterentwicklung der Wagnis- und Wachstumskapitalmärkte in Deutschland und der Europäischen Union als Ganzem wider.

E6.1 Die rechtlichen Rahmenbedingungen für Kapital sammelnde Einrichtungen in Deutschland prüfen und überarbeiten, um Investitionen in risikobehaftete Innovation zu fördern. Die Bundesregierung sollte in Erwägung ziehen, institutionelle Anleger zur Zuweisung eines bestimmten Prozentsatzes ihrer Mittel zu Wagniskapital oder außerbörslichem Beteiligungskapital für innovative Unternehmen zu verpflichten. Beispielsweise stellen deutsche Rentenfonds, Versicherungsunternehmen und staatliche Finanzierungseinrichtungen Risikokapital in sehr geringem Umfang zur Verfügung, obwohl sie zu den einzigen Quellen gehören, die Finanzmittel in dem Umfang bereitstellen könnten (einschließlich der Investitionen in privatwirtschaftliche Unternehmen durch Wagniskapitalfonds und von Investitionen in börsennotierte Unternehmen), die für die Skalierung der Innovationsträger mit dem größten Potenzial notwendig sind. Ein anderer Ansatz könnte in der Erleichterung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen bestehen. Generell sind die deutschen für Kapitalbeteiligungen und Leistungsprämien geltenden Steuerregelwerke im internationalen Vergleich weitestgehend unattraktiv.

E6.2 Steuerliche Anreize ausweiten, insbesondere jene, die es privaten Investoren ermöglichen, Kapitalverluste gegen sonstige Erträge aufzurechnen oder zukünftige Gewinne von der Steuer zu befreien, sofern diese der Anlagekategorie „Wagniskapital“ entstammen. Derartige Anreize sollten sowohl für das Wagniskapitalsegment (vorbörsliche Emissionen) als auch für über den Aktienmarkt vorgenommene Investitionen (Finanzmittel für die Gründungs- und Wachstumsphasen) gelten. Das Vereinigte Königreich und Frankreich beispielsweise verfügen jeweils über sechs unterschiedliche Steueranreizmodelle, um die Versorgung der Wagniskapitalmärkte mit privatem Kapital zu verbessern.

E6.3 Die Bundesregierung sollte die Entwicklung von Finanzinstrumenten auf EU-Ebene fördern, die zur Skalierung innovativer Unternehmen beitragen und deren Abwanderung verhindern. Das zur Skalierung von Unternehmen mit größtem Potenzial notwendige Finanzierungsvolumen steht häufig weder innerhalb Deutschlands noch innerhalb der Europäischen Union zur Verfügung, was zur Folge hat, dass diese nicht selten in Länder wie die Vereinigten Staaten oder das Vereinigte Königreich abwandern, wo Finanzmittel leichter zu beschaffen sind. Die deutsche Regierung sollte darauf hinwirken, auf EU-Ebene die Entwicklung von außerbörslichem Beteiligungskapital für Investitionen in noch nicht öffentlich verfügbare Technologien und digitale Innovationsträger zu etablieren. Die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) könnte eine stärkere Rolle bei der Entwicklung des inländischen Wagniskapitalmarkts für stärker risikobehaftete Investitionen einnehmen.

Empfehlung 7: Den Einsatz der öffentlichen Auftragsvergabe als Innovationstreiber 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, d. h., 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 (u. a. 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.

Empfehlung 8: Die Zivilgesellschaft und wichtige Akteur*innen stärker in die WTI-Politik einbeziehen, um Transformationen zu erreichen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Viele der wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen, vor denen Deutschland steht, haben asymmetrische und häufig weitreichende Folgen mit gesellschaftlichen Auswirkungen. Die Debatten rund um ethische Fragen bei der Anwendung von künstlicher Intelligenz (KI) und Gen-Editierung veranschaulichen diese Auswirkungen. Daher sollte die Zivilgesellschaft stärker in die Gestaltung der WTI-Politik einbezogen werden, damit die staatliche Politik und ihre Vorgaben die Bedenken und Ideen eines breiten Spektrums von Akteuren widerspiegeln. Eine stärkere Einbindung der Zivilgesellschaft würde auch das *Angebot* an politischen Ideen erhöhen und Experimentierräume schaffen, besonders auch auf städtischer oder kommunaler Ebene. Die Teilnahme unterschiedlicher sozialer Gruppen an Innovationsaktivitäten trägt nicht nur dazu bei, die Gesellschaft auf die notwendigen Transformationen vorzubereiten, sondern begünstigt auch eine breitere gesellschaftliche Mitwirkung. Wenn sich die Zivilgesellschaft und Akteure aus Wissenschaft, Technologie und Innovation darüber austauschen, wie WTI-Politikprogramme, die auf sie ausgerichtet sind oder sich auf sie auswirken, am besten gestaltet werden können, kann eine solche Beteiligung die Vielfalt der Teilhabe verbessern und die Qualität der Programme steigern, sofern sie die Schwierigkeiten berücksichtigt, auf die die Zielgruppen der Maßnahmen treffen können.

E8.1 Bürgerräte einrichten, um über Innovationen und Innovationspolitik zu diskutieren.

Diese Räte könnten formal an das in E1 vorgeschlagene Forum angebunden werden, sodass sie strukturierte Anregungen für die Gestaltung und Ausrichtung der WTI-Politik geben können. Die Bürgerräte könnten sich mit denselben Themen befassen wie das Forum. Die Erprobung von Politikmaßnahmen und die Formulierung von Innovationsherausforderungen könnten ebenfalls Teil eines solchen Austauschs sein.

E8.2 Kommunale Reallabore entwickeln. Der Staat sollte die Einrichtung kommunaler Reallabore in Betracht ziehen, in denen Kommunen neue innovationspolitische Ansätze autonom erproben könnten. Dies könnte in Form von Öffentlich-Privaten Partnerschaften, von Partnerschaften mit Forschungseinrichtungen oder Start-ups sowie durch Beschaffung bei innovativen Unternehmen erfolgen, um lokale Lösungen für transformative Herausforderungen (z. B. für Elektromobilität) zu suchen. Kommunale Reallabore könnten realistische Testräume für Bottom-up- und unternehmerisch getriebene Innovationen zur Bewältigung einer Reihe komplexer Herausforderungen bieten und als Starthilfe für die Skalierung erfolgreicher Konzepte auf regionaler oder nationaler Ebene dienen. Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass sie direktere und schnellere Kommunikationswege zwischen den WTI-Politikverantwortlichen auf nationaler und lokaler Ebene ermöglichen würden. Die Flexibilität und Agilität der Politik könnten sich dadurch merklich verbessern.

E8.3 Ein Programm schaffen, das es Städten und Gemeinden ermöglicht, einen Sonderstatus mit rechtlichen Freiräumen zur Erprobung von Innovationen zu beantragen.

Bottom-up-Innovationen würden vereinfacht und beschleunigt, wenn lokale Behörden einen Sonderstatus beantragen könnten. Dieser würde es ihnen erlauben, flexibler innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für lokale Unternehmen zu schaffen und deren Innovationskapazitäten besser zu nutzen, um ortsspezifische Herausforderungen zu meistern. Städte und Gemeinden könnten so in einer Vielzahl von Bereichen eine regionale Vorreiterrolle übernehmen: bei der Verbesserung der Agilität und Koordination von Politikmaßnahmen, der Digitalisierung des öffentlichen Sektors, der innovativen Beschaffung, dem Einsatz innovativer Lösungen für eine nachhaltige Entwicklung, bei Innovationsmissionen, im Bereich Bürgerwissenschaft (Citizen Science) und Innovation oder auch bei der Förderung sozialer Innovationen.

E8.4 Ko-Kreation für Innovationen auf Stadt- und Regionalebene nutzen. Lokale Ko-Kreation von privatem und öffentlichem Sektor könnte sich für die Förderung einer innovativen öffentlichen Beschaffung als besonders nützlich erweisen und offene Innovationssysteme wie Living Labs, Reallabore oder Hackathons weiter voranbringen. Auch Projekte für nachhaltige Mobilität in Städten sind wichtige Beispiele für einen Bereich, in dem Innovationsaktivitäten von lokaler Ko-Kreation profitieren könnten. Wenn privater und öffentlicher Sektor auf diese Weise zusammenarbeiten, können sich für beide Parteien die Risiken ihrer Investitionen in die Innovationen neuer Technologiebereiche verringern und deren Markterfolg verbessern.

E8.5 Vielfalt im Innovationssystem fördern. Eine größere Bandbreite an beteiligten Akteur*innen fördert nicht nur Vielfalt und Teilhabe, sondern kann auch die Innovationsqualität verbessern. Ein erfolgreiches Innovationssystem, dem es trotz der Bevölkerungsalterung auch in Zukunft nicht an Talenten fehlen soll, muss auch für qualifizierte Migrant*innen, Frauen, Minderheiten und sozioökonomisch benachteiligte Menschen attraktiv sein, sie einbeziehen und ihnen Ausbildungsplätze und Berufe bieten. Daher könnte es sich zu einem Schwächefaktor für die deutsche Wirtschaft entwickeln, dass diese Gruppen in Führungspositionen unterrepräsentiert sind. Wenn die digitale und ökologische Transformation gelingen sollen, bedarf es neuer – sozialer und fachlicher – Kompetenzen. Das bedeutet auch, dass das Übergewicht der MINT-Kompetenzen in den Vorstandsetagen und ihre beherrschende Rolle in der deutschen Innovationslandschaft eine Herausforderung für die Zukunft darstellen und die Teilhabe verringern können. In der Tendenz sind Frauen in anderen Bereichen stärker vertreten, sodass eine stärkere Förderung entsprechender Innovationen nicht nur die Ergebnisse des Landes auf bisher eher vernachlässigten Gebieten verbessern, sondern auch mehr Frauen ins Innovationssystem bringen würde. Eine breiter angelegte Innovationsförderung könnte auch jenseits von Genderfragen für mehr Vielfalt sorgen. Wichtig ist aber, dass es dabei nicht nur um reine Partizipation gehen sollte, sondern insbesondere auch um die Erhöhung der Vielfalt in der Leitung und Steuerung von Innovationsaktivitäten. Die Unterstützung von Aktivitäten an der Nahtstelle von Citizen Science und Innovation sind ebenfalls wichtig, ebenso wie die Einbeziehung der Zivilgesellschaft in kollaborativen Innovationsaktivitäten, die sich mit wichtigen Fragen für die Zivilgesellschaft beschäftigen.

Empfehlung 9: Qualitätsinfrastruktur digitalisieren, modernisieren und als Werkzeug einsetzen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Der Begriff Qualitätsinfrastruktur bezieht sich auf die Gesamtheit der Standards und Normen, die für das Verarbeitende Gewerbe und den Dienstleistungssektor ausschlaggebend sind. Der Erfolg bestimmter deutscher Produkte auf den Weltmärkten brachte es mit sich, dass Deutschland auch bei der Festlegung internationaler Standards eine Führungsposition innehat. Doch die steigende digitale Intensität von Produktionsprozessen und die zunehmende Vernetzung von Produkten, Dienstleistungen und Sektoren erschweren die Etablierung neuer Standards. Der derzeitige Wandel und seine beschleunigten Veränderungen erfordern neue und stärker auf den strategischen Einsatz von Qualitätsinfrastruktur und Standards ausgerichtete Ansätze.

E9.1 Den Digitalisierungsgrad erhöhen und hochmoderne Fähigkeiten sowohl bei Standardisierungsverfahren als auch bei der Qualitätsinfrastruktur entwickeln. Die für Standards und Qualitätsinfrastruktur zuständigen Einrichtungen haben einen Digitalisierungsrückstand und müssen dringend in Kapazitäten und Infrastruktur investieren. Auch muss die digitale Konnektivität über die Einrichtungen auf Ebene des Bundes und der Bundesländer in den Blick genommen werden. Die Einrichtungen für fortgeschrittene Metrologie in Deutschland müssen gestärkt und modernisiert werden, um mit der Komplexität und den Verflechtungen der

neuen, von ihnen zu messenden Technologien wie des autonomen Fahrens oder der Anwendung von KI in Medizin und Pharmazie umgehen zu können. Die Entwicklung der Infrastruktur für Qualität und Standards hängt außerdem entscheidend von unterstützenden Investitionen in Humankapital ab, einschließlich durch die Bewerbung der Attraktivität dieses Arbeitsumfelds.

E9.2 Die Qualitätsinfrastruktur als strategisches Werkzeug für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit einsetzen. Deutschlands führende Stellung in vielen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes und der Industrie sowie die hohe Qualität des deutschen Messwesens brachten es mit sich, dass Deutschland auch bei der Festlegung internationaler Standards eine Führungsposition innehat. Dies ist ein Wettbewerbsvorteil und nutzt der deutschen Innovationstätigkeit, da sich Hersteller auf der ganzen Welt an Normen orientieren, die von deutschen Unternehmen festgelegt wurden. Die Regierung sollte daher einen systemischen Ansatz verfolgen, indem sie die Qualitätsinfrastruktur und die Festlegung von Standards als integrale Bestandteile internationaler Innovationstätigkeit und Wettbewerbsfähigkeit auffasst und ausdrücklich festschreibt, welchen Beitrag dieser Bereich zur Umsetzung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ leisten kann.

Empfehlung 10: Eine Führungsrolle bei der Gestaltung innovationsbezogener Politik in der EU und weltweit übernehmen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Zur wirksamen Umsetzung vieler dieser Empfehlungen muss der Umfang der Koordinierung auf EU-Ebene und international genutzt werden. Um hier einen Erfolg zu erreichen, sind über Deutschland hinaus Anstrengungen auf EU- und länderübergreifender Ebene erforderlich, einschließlich der folgenden Anstrengungen: (i) Kompetenzentwicklung in entscheidenden Grundlagentechnologien für widerstandsfähigere Wertschöpfungsketten; (ii) Verwertung effizienter Infrastrukturen digitaler Daten (E4); (iii) Entwicklung eines ausreichend großen Finanzmarktes zur Skalierung vielversprechender Sprunginnovationen (E6); (iv) Festlegung der gewünschten Normen und Verfahren zur Qualitätskontrolle (E9); und (v) Stärkung von Innovation zur Förderung einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung. Zu diesem Zweck muss die Bundesregierung aktiv eine Führungsrolle bei der Gestaltung der Innovationspolitik auf EU- und globaler Ebene einnehmen.

E10.1 Die Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik besser auf den Binnenmarkt der EU ausrichten. Wie in E9.1 detailliert dargestellt könnten die Auswirkungen nationaler Prioritäten und politischer Strategien im STI-Bereich mittels Multiplikatoreffekt verstärkt werden, wenn sie besser auf die EU und den Binnenmarkt ausgerichtet wären. Bemerkenswert ist hier das am Beispiel der Dateninfrastruktur: Projekte wie z.B. GAIA-X haben einen deutlich größeren Umfang als jegliches gleichwertige inländische Projekt, da es die industriellen und Wirtschaftsdaten des gesamten EU-Binnenmarkt anvisiert, ein wichtiger Vorteil bei der maschinellen Datenanalyse. Ein ähnlicher Ansatz könnte in anderen Bereichen des WTI-Systems verfolgt werden wie bei der Entwicklung konkreter Grundlagentechnologien, bei der Digitalisierung und Stärkung von industriellen Lieferketten und der Skalierung über den Binnenmarkt noch nicht wirtschaftlich verwerteter oder noch nicht öffentlich verfügbarer Lösungen in Bereichen wie Technologien für das Klimamanagement. Wie in E2 (Labor für Innovationspolitik) und E7 (innovative Auftragsvergabe) vorgeschlagen könnte Deutschland auch eine Führungsrolle bei der Förderung von politischen Strategien einnehmen, die die Nachfragedynamik nach innovativen Lösungen auf EU-Ebene anregt.

E10.2 Potenziell wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse identifizieren, um Grundlagentechnologien zu fördern. Die während der Herausforderung durch die Covid-19-Pandemie auftretenden Lieferengpässe warfen ein Schlaglicht auf die Abhängigkeit Deutschlands von wenigen weltweit tätigen Lieferanten. Deutschland könnte eine direktere Rolle

bei der Gewinnung von Unterstützung für wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse übernehmen, die auf die Entwicklung bestimmter Technologiefelder abzielen. Daraus könnten sich mehrere Vorteile für die deutsche Wirtschaft und die Europäische Union im Allgemeinen ergeben, insbesondere durch (i) die Entwicklung von Schlüsseltechnologien innerhalb der Europäischen Union und in den Volkswirtschaften entscheidender Partner in der EU mit dem Ziel einer verstärkten Resilienz der verschiedenen Lieferketten; und (ii) die Entwicklung von technologischen Schlüsselkompetenzen, die die Quelle zukünftiger Wettbewerbsfähigkeit darstellen.

E10.3 Auf EU-Ebene eine Führungsrolle bei der Förderung von Normen und Verfahren zur Qualitätskontrolle einnehmen. Aufbauend auf den in E9 umrissenen Aspekten und in Anbetracht des Multiplikatoreffektes, der sich aus der Ausrichtung der nationalen politischen WTI-Strategie an der Politikgestaltung der EU und dem Binnenmarkt ergibt, sollte Deutschland eine Führungsrolle bei der Förderung EU-weiter Standardisierung und einer EU-weiten Qualitätsinfrastruktur übernehmen, um die Wettbewerbsfähigkeit im weiteren Sinne und die innovativen Stärken der Europäischen Union und ihrer Mitgliedsstaaten zu stützen. Damit würden die durch die Volkswirtschaften der EU verfolgten Ansätze auf eine Linie gebracht werden, was wiederum die Position des Binnenmarkts im Kontext des internationalen und systemischen Wettbewerbs stärken würde.

E10.4 Internationale Zusammenarbeit maximieren, um Unsicherheiten zu bewältigen und die komplexen Herausforderungen des Wandels anzugehen. Wie in anderen Volkswirtschaften auf der Welt gilt auch für Deutschland, dass keine einzelne Regierung und kein einzelner Akteur über sämtliche Antworten verfügt, mit denen sich die Herausforderungen bewältigen ließen, die sich der deutschen Wirtschaft stellen. Während es kein Patentrezept gibt – dazu sind die ökologische und digitale Transformation zu komplex – können sich die politischen Entscheidungsträger in Deutschland bei der Bewältigung dieser komplexen Herausforderungen in zahlreichen Fällen von den Erfahrungen und Maßnahmen anderer Länder leiten lassen, beispielsweise bei der wirtschaftlichen Verwertung von Dekarbonisierungstechnologien oder der Digitalisierung des öffentlichen Sektors innerhalb eines Föderalstaats. Als Teil der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ sollte sich die Regierung aktiv um internationale Zusammenarbeit im vom Forum identifizierten Schwerpunktbereichen sowohl innerhalb der Europäischen Union als auch darüber hinaus bemühen.

E10.5 Bei der Stärkung des globalen und des nationalen Innovationsökosystems eine internationale Schlüsselrolle einnehmen. Dies beinhaltet die Gestaltung der globalen Innovationsagenda und der Hauptziele, die weltweit in wichtigen Innovationsagenden gesetzt werden, wie KI und Biotechnologie. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil in diesem Zusammenhang ist die effektive Anbindung an globale Innovationsbemühungen, die Anwerbung von Spitzenkräften und die Teilnahme an wirksamer Zusammenarbeit mit dem Ziel der Förderung des nationalen Innovationsökosystems.

Literaturverzeichnis

- Autor, D. et al. (2020), „The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms“, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 135/2, S. 645–709, <http://dx.doi.org/10.1093/qje/qjaa004>. [37]
- BKAmt (Hrsg.) (2021), *Datenstrategie der Bundesregierung: Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum*, Bundeskanzleramt, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/1845634/f073096a398e59573c7526faadd43>. [47]
- BMAS (2021), „Fachkräftemonitoring“, 25. November, BMAS, Berlin, <https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Fachkraeftesicherung-und-Integration/Fachkraeftemonitoring/fachkraeftemonitoring.html>. [31]
- BMWi (2021), „IPCEI Cloud geht in die nächste Phase – Interessenbekundungsverfahren in Deutschland gestartet und Beginn der Vorbereitungen zum europäischen Matchmaking“, Pressemitteilung, 09. Juli, BMWi, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/07/20210709-ipcei-cloud-geht-in-die-naechste-phase.html>. [27]
- BMWi (2021), „Transferinitiative: Mehr Ideen – mehr Erfolge“, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/transferinitiative.html>. [36]
- BMWi (2021), *Von der Idee zum Markterfolg: Programme für einen innovativen Mittelstand*, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/von-der-idee-zum-markterfolg-programme-fuer-einen-innovativen-mittelstand.pdf>. [26]
- BMWi (2020), „Exportinitiativen: Auf in neue Märkte!“, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/exportinitiativen.html>. [18]
- Dernis, H. et al. (2019), *World Corporate Top R&D investors: Shaping the Future of Technologies and of AI*, gemeinsamer Bericht des JRC und der OECD, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2760/16575>. [41]
- Destasis (o. J.), „Kleine und mittlere Unternehmen“, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/_inhalt.html. [28]
- DPMA (o. J.), „Aktuelle Statistiken: Patente“, Deutsches Patent- und Markenamt, Berlin, <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/statistiken/patente/index.html>. [14]
- EPA (2021), „Patent Index 2020“, Europäisches Patentamt, München, <https://www.epo.org/about-us/annual-reports-statistics/statistics/2020.html>. [15]
- Europäische Kommission (2020), „The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard“, Europäische Kommission, Brüssel, <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2020-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>. [16]
- Fibre Systems (2021), „Record fibre network expansions in Germany, says BREKO“, News, 30. Juni, Fibre Systems, <https://www.fibre-systems.com/news/record-fibre-network-expansions-germany-says-breko>. [39]

- Freitag, L., K. Schmidt und G. Dobush (2019), „Hidden Champions – Why are German companies so good at weirdly specific things?“, *Handelsblatt online*, 11. Februar, <https://amp2.handelsblatt.com/hidden-champions-why-are-german-companies-so-good-at-weirdly-specific-things-/23957290.html>. [48]
- Gehrke, B. et al. (2019), *Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-12-05_uib_06-2019_innovationsmotor-umweltschutz-2019.pdf. [45]
- IWF (2022), „World Economic Outlook Database“, Internationaler Währungsfonds, Washington, D.C., <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/April/weo-report>. [2]
- Kaufmann, P. et al. (2019), *Evaluation des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM): Richtlinie 2015 – Endbericht*, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, <https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/Publikationen/Studien-Evaluationen/evaluation-zim-2019-07.pdf>. [5]
- Legler, H. et al. (2009), *Die Bedeutung der Automobilindustrie für die deutsche Volkswirtschaft im europäischen Kontext*, Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, ZEW, Mannheim und NIW, Hannover, <https://www.zew.de/PU68289>. [46]
- Nedelkoska, L. und G. Quintini (2018), „Automation, skills use and training“, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 202, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>. [43]
- OECD (o. J.), *Enterprises by business size* (Indikator), <http://dx.doi.org/10.1787/31d5eeaf-en>. [17]
- OECD (o. J.), *Investment (GFCF)* (Indikator), <http://dx.doi.org/10.1787/b6793677-en>. [7]
- OECD (o. J.), *Investment by asset* (Indikator), <http://dx.doi.org/10.1787/8e5d47e6-en>. [10]
- OECD (2022), „Main Science and Technology Indicators“, *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (Datenbank), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00182-en>. [11]
- OECD (2021), *Bildung auf einen Blick 2021: OECD-Indikatoren*, wbv Media, Bielefeld, <http://dx.doi.org/10.3278/6001821ow>. [4]
- OECD (2021), *Continuing Education and Training in Germany*, Getting Skills Right, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1f552468-en>. [32]
- OECD (2021), „Germany: Overview of the Education System (EAG 2021)“, *Education GPS*, OECD, Paris, <https://gpseducation.oecd.org/CountryProfile?primaryCountry=DEU&treshold=10&topic=EO>. [25]
- OECD (2021), *OECD Economic Outlook, Volume 2021 Issue 1*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/edfbca02-en>. [21]
- OECD (2020), „Digital Government Index: 2019 results“, *OECD Public Governance Policy Papers*, No. 03, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/4de9f5bb-en>. [40]
- OECD (2020), *How's Life? 2020: Measuring Well-being*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9870c393-en>. [1]

- OECD (2020), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, [8]
<http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>.
- OECD (2020), „STAN Industrial Analysis 2020 ed.“, Datensatz, OECD, Paris, [6]
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STANI4_2020.
- OECD (2019), *Skills Matter: Additional Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris, [3]
<http://dx.doi.org/10.1787/1f029d8f-en>.
- OECD (o. J.), „Germany“, *OECD Going Digital Toolkit*, OECD, Paris, [29]
<https://goingdigital.oecd.org/countries/deu>.
- OECD (o. J.), *OECD Patent Statistics*, Datenbank, OECD, Paris, [13]
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PATS_REGION#.
- OECD (o. J.), *OECD R&D Statistics*, Datenbank, OECD, Paris, [12]
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GERD_SOF.
- OECD (o. J.), „Percentage of scientific publications involving international collaboration“, *STI Scoreboard*, OECD, Paris, [23]
<https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>.
- OECD (o. J.), „Total publications as % world total“, *STI Scoreboard*, OECD, Paris, [24]
<https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>.
- Paunov, C. et al. (2019), „On the concentration of innovation in top cities in the digital age“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 85, OECD Publishing, Paris, [22]
<http://dx.doi.org/10.1787/f184732a-en>.
- Paunov, C. und S. Planes-Satorra (2021), „What future for science, technology and innovation after COVID-19?“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 107, OECD Publishing, Paris, [38]
<http://dx.doi.org/10.1787/de9eb127-en>.
- Paunov, C., S. Planes-Satorra und T. Moriguchi (2017), „What role for social sciences in innovation?: Re-assessing how scientific disciplines contribute to different industries“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 45, OECD Publishing, Paris, [33]
<http://dx.doi.org/10.1787/8a306011-en>.
- PwC (2021), *Global Top 100 companies by market capitalisation*, PwC, UK, [42]
<https://www.pwc.com/gx/en/audit-services/publications/assets/pwc-global-top-100-companies-2021.pdf>.
- Rammer, C. und A. Spielkamp (2019), „The Distinct Features of Hidden Champions in Germany: A Dynamic Capabilities View“, *ZEW Discussion Papers*, No. 19–012, ZEW, Mannheim, [19]
<https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp19012.pdf>.
- Roth, F. (2020), „Revisiting Intangible Capital and Labour Productivity Growth, 2000-2015: Accounting for the Crisis and Economic Recovery in the EU“, *Hamburg Discussion Papers in International Economics*, No. 3, Universität Hamburg, [9]
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/210982/1/hdpi-e-no03-revised.pdf>.
- Statistisches Bundesamt (o. J.), „Entwicklung des Altenquotienten bis 2013 und Prognose bis 2060“, Statistisches Bundesamt, Berlin, [34]
<https://www.gut-leben-in-deutschland.de/indikatoren/einkommen/altenquotient>.

- Walz, R. et al. (2019), *Ökologische Innovationspolitik in Deutschland – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-29_texte_01-2019_oekologische-innovationspolitik_v2.pdf. [44]
- WIPO (2021), *Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2021: The International Patent System*, WIPO, Genf, https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_901_2021.pdf. [20]
- Yashiro, N. und S. Lehmann (2018), „Boosting productivity and preparing for the future of work in Germany“, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1502, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/df877b3e-en>. [30]
- ZEW (2018), *Innovationen in der Deutschen Wirtschaft*, ZEW, Mannheim, https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/18/mip_2018.pdf?v=1554116508. [35]

Anmerkungen

¹ Diese Indikatoren stammen aus dem OECD-Bericht *How's Life?* (2020) und decken die folgenden Bereiche ab: bereinigtes verfügbares Haushaltseinkommen, Medianvermögen der privaten Haushalte, Bezahlbarkeit von Wohnraum, Beschäftigungsquote, Lebenserwartung, Naturwissenschaftskompetenzen der Schüler*innen, Lebenszufriedenheit, Mordrate, Freizeit, soziale Interaktionen und Wahlbeteiligung.

² In vielen dieser Bereiche ist der Kapitalstock Deutschlands mehr als doppelt so groß wie im zweitplatzierten Land. Dieses hohe Investitionsniveau ist ein Indikator für einen weltweit führenden Bestand an Wissen und Produktionskapazitäten. Alle Werte sind für das letzte verfügbare Jahr (zwischen 2016 und 2019) angegeben.

³ Patente geben zwar keinen Aufschluss über die Marktreife oder die Nachfrage nach Innovationen und sind daher ein unvollständiger Indikator für die Leistung des Innovationssystems, sie liefern aber einen wichtigen – und international vergleichbaren – Anhaltspunkt für die Innovationsintensität.

⁴ IP5-Patentfamilien sind Patente, die bei mindestens zwei Ämtern weltweit angemeldet werden, darunter eines der fünf größten Ämter für geistiges Eigentum: das Europäische Patentamt (EPA), das japanische Patentamt (JPO), das koreanische Amt für geistiges Eigentum (KIPO), das Patent- und Markenamt der Vereinigten Staaten (United States Patent and Trademark Office, USPTO) und das chinesische Amt für geistiges Eigentum (China National Intellectual Property Administration, CNIPA).

⁵ Eine triadische Patentfamilie ist definiert als ein Komplex von Patenten, die in verschiedenen Ländern (d. h. bei deren Patentämtern) zum Schutz ein und derselben Erfindung angemeldet werden. Triadische Patentfamilien müssen bei drei großen Patentämtern, nämlich dem Europäischen Patentamt (EPA), dem japanischen Patentamt (JPO) und dem Patent- und Markenamt der Vereinigten Staaten (USPTO), angemeldet werden. Die triadischen Patentfamilien werden bei der Zählung dem Wohnsitzland des Erfinders und dem Datum der Erstanmeldung des Patents zugerechnet. Dieser Indikator wird in Zahlen gemessen.

⁶ Es gibt keine feste Definition für Hidden Champions im Hinblick auf die Beschäftigtenzahl. Manche haben über 1 000 Beschäftigte. Den Ergebnissen einer neueren Studie zufolge hat die große Mehrheit jedoch weniger als 250 Beschäftigte (Rammer und Spielkamp, 2019_[19]).

⁷ Unternehmen wie Grammer (das auf Sitze und Pkw-Komponenten spezialisiert ist), die Marquardt Gruppe (interaktive Mechatronik) und die Rosenberger-Gruppe (Verbindungslösungen in der Hochfrequenz- und Hochvolt-Technologie) sind in ihren Technologiefeldern Weltmarktführer, was die Bandbreite an Know-how in deutschen KMU deutlich macht (Freitag, Schmidt und Dobush, 2019_[48]).

Teil II Das deutsche Innovationssystem im internationalen Kontext: Ergebnisse, Kapazitäten und Politik

2 Der sozioökonomische Kontext für Innovationen

Das vorliegende Kapitel stellt den sozioökonomischen Kontext des Innovationssystems in Deutschland vor. Die exportorientierte und hochindustrialisierte Wirtschaft Deutschlands hat maßgeblich zum sozioökonomischen Wohlergehen des Landes beigetragen. Deutschland ist zudem vergleichsweise gut durch die Covid-19-Pandemie gekommen und hat sich dazu verpflichtet, die ökologische Transformation zu einer tragenden Säule seiner Politik zu machen. Die Entwicklung eines zukunftsfähigen Innovationssystems in Deutschland wird sich den Herausforderungen stellen müssen, die eine alternde Bevölkerung und langjährige Bemühungen des Staates um eine geringe Nettokreditaufnahme mit sich bringen.

Einleitung

Das deutsche Wirtschaftswachstum wird von hochinnovativen Industriesektoren getragen, darunter insbesondere dem Verarbeitenden Gewerbe. Für den Erhalt einer grundsätzlich hohen sozioökonomischen Lebensqualität spielt die weltweite Wettbewerbsfähigkeit vieler exportorientierter Unternehmen Deutschlands eine tragende Rolle. Ein wichtiges Vorhaben, dem sich die seit Dezember 2021 regierende Koalition verpflichtet hat, ist der Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit.

In diesem Kapitel werden jüngere Entwicklungen in der deutschen Wirtschaft im Hinblick auf ihre Rolle für das Innovationssystem diskutiert sowie aktuelle Debatten zur Innovationspolitik dargestellt.

Das vorliegende Kapitel beginnt mit einem kurzen Überblick über die oben genannten Aspekte. In Abschnitt 2.1 wird der breitere strukturelle Rahmen für Innovationen in Deutschland dargelegt, bevor in Abschnitt 2.2 ein Überblick über die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf die deutsche Wirtschaft gegeben wird. Abschnitt 2.3 stellt die Nachhaltigkeitsziele der deutschen Bundesregierung vor, und Abschnitt 2.4 beendet das Kapitel mit einer Diskussion über öffentliche Investitionen.

2.1. Struktureller Rahmen

Hochinnovative Branchen der deutschen Industrie, insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe, sind die Eckpfeiler der Internationalisierung und Wettbewerbsfähigkeit des Landes. In der Eurozone weist Deutschland in verschiedenen Branchen – von der Chemiebranche und Pharmaindustrie bis zur Automobilindustrie und zum Maschinenbau – die höchste Wertschöpfung und Bruttoproduktion auf. Die deutschen Anlageinvestitionen und der Bruttokapitalstock liegen sowohl auf gesamtwirtschaftlicher Ebene als auch in jedem dieser Sektoren auf höchstem Niveau. Investitionen in Aktivitäten mit mittlerer und hoher Forschungs- und Entwicklungsintensität sowie in die Industrie (einschließlich Verarbeitendes Gewerbe) nehmen in der Europäischen Union den Spitzenplatz ein (OECD, 2020^[1]).

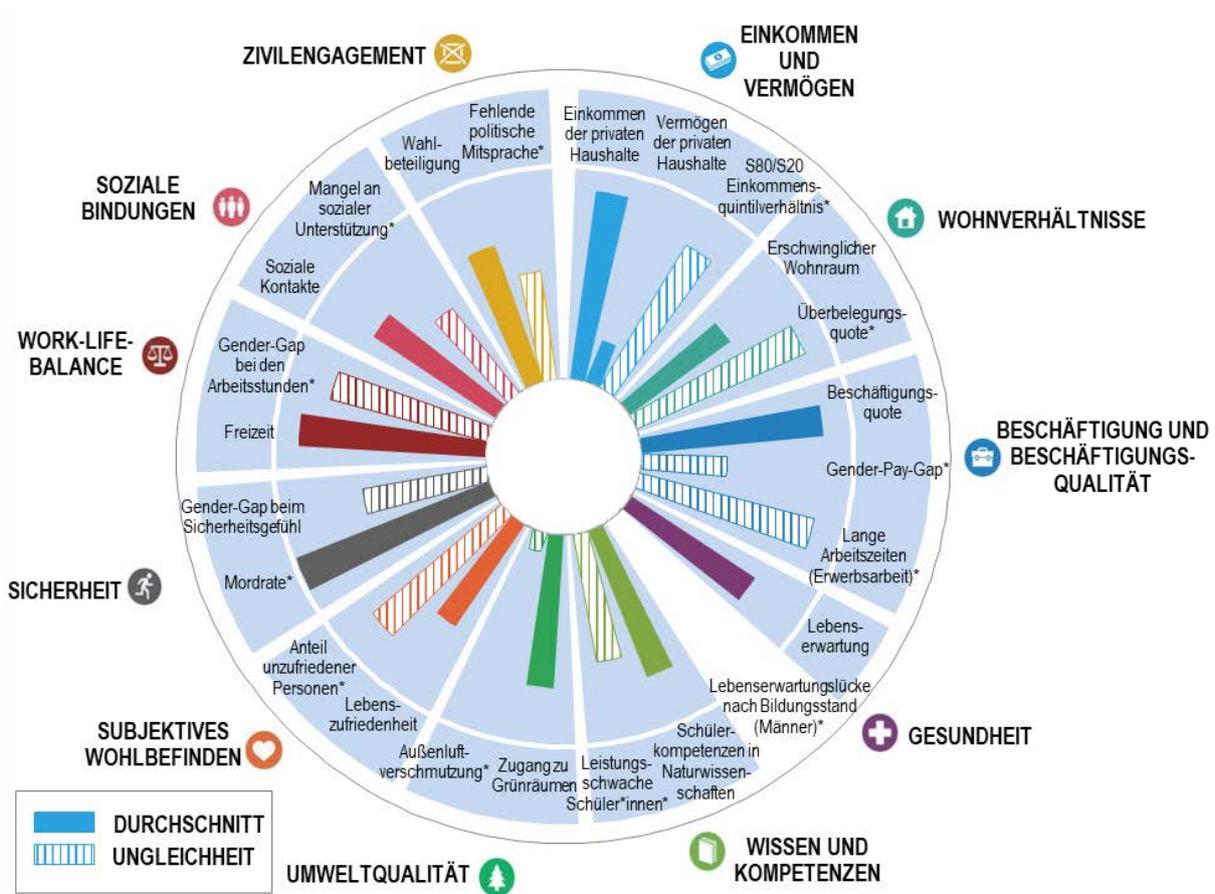
In den vergangenen zwei Jahrzehnten sind die Stärken und Schwächen der exportorientierten Wirtschaft Deutschlands zutage getreten. 2019 war Deutschland die offenste Wirtschaft unter den G7-Staaten: Das Verhältnis seines Gesamthandelsvolumens zum BIP lag bei 87,8 %. Zwischen 1980 und 2019 wuchsen die Exporte pro Jahr durchschnittlich um 5,3 % (BMW, 2021^[2]). Es ist dieser Exportorientierung der Wirtschaft zu verdanken, dass Deutschland sich nach der weltweiten Finanzkrise sehr schnell erholen und den Konsum im Jahr 2020 trotz niedriger Haushaltsausgaben und Investitionen sowie eines Exportrückgangs in Höhe von 9,3 % aufrecht erhalten konnte (BMW, 2021^[2]). Doch die Verflechtung der deutschen Wertschöpfungsketten wurde im Zuge der weltweiten Pandemie gestört. Die durch die russische Invasion der Ukraine verursachten Lieferkettenunterbrechungen ließen die große Abhängigkeit des Landes von russischen Rohstoffen zu Tage treten und brachten eine zentrale strukturelle Herausforderung der deutschen Wirtschaft und ihres Innovationsökosystems ans Licht (vgl. Kapitel 9 wegen einer Erörterung dieser Fragen).

Deutschlands solide Wirtschaftsleistung hat zu einem hohen Lebensstandard beigetragen. Bei einer Reihe von Indikatoren des *OECD Better Life Index*, darunter Kategorien wie Bildung, Kompetenzen und Selbsteinschätzung der persönlichen Zufriedenheit, befindet sich Deutschland unter den führenden OECD-Ländern (Abbildung 2.3). Rund 75 % der Personen in der Altersgruppe der 25- bis 64-Jährigen sind abhängig Beschäftigte, und die Erwerbsquote in Deutschland liegt mit 84,4 % unter den höchsten im OECD-Raum. Entsprechend verfügen 87 % der Erwachsenen der gleichen Altersgruppe über einen Abschluss im Sekundarbereich II, mithin mehr als der OECD-Durchschnitt (78 %), wobei jedoch nur 35 % der 25- bis 34-Jährigen die Tertiärbildung abgeschlossen haben, was unter dem OECD-Durchschnitt liegt (45,6 %) (OECD, 2020^[3]). Das vergleichsweise niedrige Niveau an Hochschulabsolvent*innen spiegelt wahrscheinlich die deutschen Stärken im Bereich der beruflichen Bildung wider, die im Kontext des deutschen Innovationssystem einen besonderen Vorteil darstellen. Neben diesem höheren

Bildungsniveau verfügt Deutschland über hochqualifizierte Arbeitskräfte. So liegt das Land laut der OECD-Erhebung über die Kompetenzen Erwachsener (PIAAC) bei der Lesekompetenz, den Rechenfertigkeiten und der Problembewältigung in hochtechnologisierten Umgebungen deutlich über dem OECD-Durchschnitt (OECD, 2019^[4]).

Abbildung 2.3. Lebensqualität in Deutschland: Der OECD Better Life Index (2020)

Deutschland liegt bei einer Reihe von Kategorien über dem Durchschnitt



Anmerkung: Dieses Schaubild zeigt die relativen Stärken und Schwächen in Teilbereichen der Lebensqualität in Deutschland im Vergleich zu anderen OECD-Ländern. Längere Balken bedeuten immer bessere Ergebnisse (d. h. eine höhere Lebensqualität), wohingegen kürzere Balken immer auf schlechtere Ergebnisse hindeuten (d. h. eine geringere Lebensqualität). Das gilt auch für die mit einem * markierten negativen Indikatoren, die umgekehrt gewertet sind. Ungleichheiten (Abstände zwischen den besten und schlechtesten Ergebnissen, Unterschiede zwischen Gruppen, Personen unterhalb einer Deprivationsschwelle) sind schraffiert und fehlende Daten weiß dargestellt.

Quelle: OECD (2020^[3]), „Wie lebt es sich in Deutschland?“, in *How's Life? 2020: Measuring Well-being*, <https://doi.org/10.1787/79446193-de>, <https://www.oecd.org/statistics/Better-Life-Initiative-country-note-Germany-in-German.pdf>.

Wie andere fortgeschrittene Volkswirtschaften sieht sich Deutschland altersbedingten demografischen Belastungen ausgesetzt, was die Herausforderungen im Bereich der Produktivität verschärft. Der Altenquotient des Landes (Zahl der über 64-Jährigen im Verhältnis zur Zahl der 15- bis 64-Jährigen) zählt mit 35 % bereits zu den höchsten in Europa und wird bis 2030 voraussichtlich auf 47,3 % ansteigen. Weil der Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter sinkt, wird sich Deutschland sowohl beim Wachstum und der Teilhabe als auch bei den Dienstleistungen und der Finanzierung der Einrichtungen des öffentlichen Gesundheits- und Sozialwesens zunehmenden Belastungen ausgesetzt sehen. Wie andere Aspekte der sozioökonomischen Lebensqualität in Deutschland sind auch die alterungsbedingten demografischen

Herausforderungen durch regionale Unterschiede gekennzeichnet (Eurostat, 2021^[5]). Die demografischen Belastungen wirken sich auch auf die zukünftige Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte in innovationsrelevanten Bereichen aus und werfen damit Fragen nach dem effektiven Umgang mit der Zu- und Abwanderung qualifizierter Arbeitskräfte auf. (Diese Fragen werden in Kapitel 6 dieses Berichts erörtert.)

Deutschland verfügt über ein stark föderalistisch geprägtes Governance-System, in dem subnationale Einheiten in den Bereichen Wissenschaft, Technologie und Innovation (STI) ein hohes Maß an Autonomie genießen. Die Regierungsverantwortung ist über die 16 Bundesländer verteilt, von denen Bayern das Bundesland mit der größten Fläche ist, Baden-Württemberg das wohlhabendste und Nordrhein-Westfalen das bevölkerungsreichste. In diesen drei Bundesländern ist außerdem ein hoher Anteil der innovativsten und wirtschaftlich erfolgreichsten Unternehmen Deutschlands angesiedelt. Im Jahr 2019 entfielen auf die Bundesregierung lediglich 29,3 % der Steuereinnahmen, was den geringsten Anteil unter den acht föderalistisch strukturierten OECD-Ländern darstellt. Der Großteil des Steueraufkommens wurde zwischen nachgeordneten Gebietskörperschaften aufgeteilt, die in Bezug auf Ausgaben und Umverteilung erhebliche Autonomie und einen großen Ermessensspielraum genießen (OECD, 2021^[6]).

2.2. Jüngere Entwicklungen im Zusammenhang mit der Covid-19-Krise

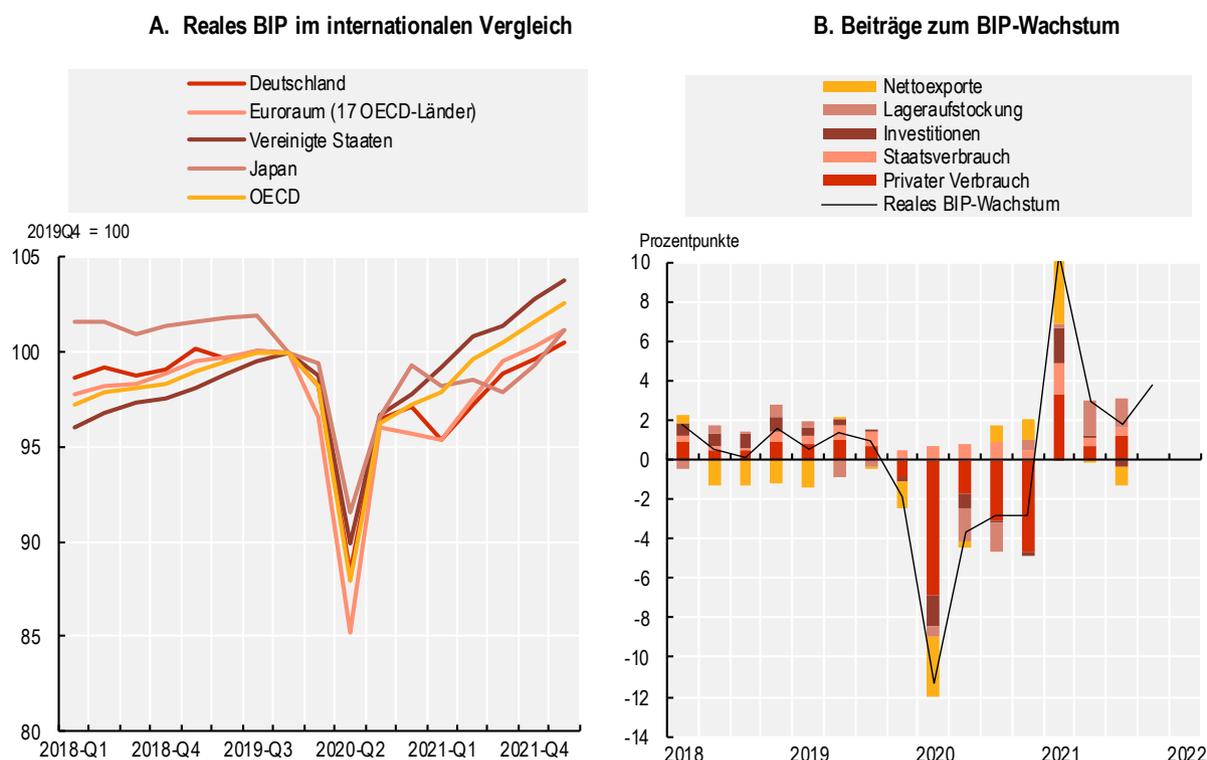
Das reale BIP-Wachstum in Deutschland entspricht ungefähr dem OECD-Durchschnitt. Nach dem Jahr 2000 erlebte das Land mehrere Jahre mit niedrigem – und zeitweise negativem – Wachstum, erzielte aber in den beiden Jahren vor der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise 2008 und 2009 ein Wachstum von 3 bis 4 %. Wie in anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften führte die weltweite Finanzkrise zu einer stark ausgeprägten Rezession: Die deutsche Wirtschaft schrumpfte 2009 um nahezu 6 % – eine tiefere Rezession als im OECD-Durchschnitt (3,3 %) –, bevor sie sich 2010 auf 4,2 % erholte und damit den OECD-Durchschnitt überholte. Das jährliche Wachstum verlangsamte sich seitdem etwas, blieb jedoch vergleichsweise stabil, bevor es 2020 infolge der Covid-19-Krise deutlich schrumpfte (4,6 %) (OECD, o. J.^[7]). Die konjunkturelle Erholung Deutschlands im Jahr 2021 (2,9 %) wurde bereits durch Engpässe bei zentralen Vorleistungsgütern für das Verarbeitende Gewerbe, die weltweite wirtschaftliche Unsicherheit und Lieferkettenprobleme erschwert. Im Jahr 2022 werden diese Schwierigkeiten wahrscheinlich durch den Krieg in der Ukraine verstärkt, sodass eine Erholung weiter verzögert und das Wachstum gegenüber der Prognose von Dezember 2021 von 4,1 % für das Jahr 2022 geringer ausfallen wird (OECD, o. J.^[8]).

Die Covid-19-Pandemie beeinträchtigte die Nachfrage, aber vor allem das Angebot der deutschen Industrie. Sie hat sich zwar erheblich auf die deutsche Wirtschaft ausgewirkt, ihr Effekt war aber von vergleichsweise kurzer Dauer (Abbildung 2.4). Während die Exporte aufgrund sinkender außenwirtschaftlicher Nachfrage während der Pandemie negativ betroffen waren, erholte sich die Nachfrage schnell wieder. Deutlich stärkere Folgen der Krise auf die deutsche Wirtschaft ergaben sich aus den Lieferkettenproblemen, die die Produktionskapazitäten des Verarbeitenden Gewerbes erheblich einschränkten. Eine Erhebung des ifo Instituts für Wirtschaftsforschung ergab, dass 45 % der Unternehmen mit Lieferengpässen zu tun haben, was den höchsten Wert seit 1991 darstellt und die im Oktober 2020 ermittelten 7,5 % übertrifft (ifo Institut, 2021^[9]). Die am stärksten betroffenen Unternehmen sind Produzenten von Gummi- und Kunststoffgütern (71,2 %), die nur unter Schwierigkeiten Rohstoffe beziehen konnten, sowie Automobilhersteller (64,7 %) und Computerhersteller (63,3 %).

Im Bereich der FuE-Ausgaben hatte die Pandemie verschiedenartige Folgen: Pharmaunternehmen und insbesondere Unternehmen im Bereich der Biotechnologie erhöhten ihre Ausgaben im Jahr 2020 erheblich (+20 %). Andere Unternehmen wie Informations- und Kommunikationsdienstleister (+6 %) konnten ihr Vorjahreswachstum nicht aufrechterhalten. Wiederum andere Unternehmen in der Chemiebranche (-2 %), im Automobilssektor (-5 %) und im Maschinenbau (-9 %) sowie in anderen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (-7 %) und in sämtlichen sonstigen Branchen (-7 %) reduzierten ihre Ausgaben für FuE. Der Maschinenbau und die Autoindustrie, zwei FuE-intensive Sektoren, waren durch die oben beschriebenen,

vergleichsweise stark ausgeprägten Lieferkettenprobleme sowie durch die Auswirkungen auf die Nachfrage und sonstigen negativen wirtschaftlichen Folgen der Pandemie besonders betroffen. Insgesamt variierten die Innovationsaktivitäten in den Unternehmen stark. Eine im April 2021 erfolgte Erhebung ergab, dass Unternehmen, die vor der Pandemie fortlaufend oder gelegentlich in FuE investiert hatten, dazu neigten, die Laufzeit ihrer Innovationsaktivitäten zu verlängern, wobei einige sogar neue Innovationstätigkeiten aufnahmen. Dem gegenüber verlängerten Unternehmen, die vor der Pandemie hauptsächlich Innovationsaktivitäten ohne Forschungs- und Entwicklungsbezug nachgegangen waren, diese Tätigkeiten eher nicht und nahmen auch keine neuen auf. In allen Branchen war die zweithäufigste Reaktion der Unternehmen, wegen fehlender innovativer Ideen oder Impulse ihre Innovationsprojekte zurückzufahren. Als strategische Maßnahme setzten sich viele Unternehmen das Ziel, ihren internen Digitalisierungsgrad zu erhöhen und ihre Angebote und Vertriebskanäle zu digitalisieren. Während diese Maßnahmen in der Regel von Dauer waren, waren andere, wie beispielsweise die weitere Senkung der internen Kosten von Produktion/Dienstleistungen eher von vorübergehender Natur.

Abbildung 2.4. Konsumbedingter Konjunkturunbruch in Deutschland infolge der Covid-19-Krise



Anmerkung: Beitrag zum BIP-Wachstum gegenüber dem entsprechenden Vorjahresquartal. Projektionen von Dezember 2021.
Quelle: OECD (o. J._[10]), Real GDP forecast (Indikator). <https://doi.org/10.1787/4537dc58-en> (Abruf: 5. April 2022).

2.3. Die Nachhaltigkeitsziele Deutschlands

Die neue Koalitionsregierung (die seit Dezember 2021 im Amt ist) hat die ökologische Transformation zu einer tragenden Säule ihrer Agenda gemacht. Deutschland zählte 2016 zu den ursprünglichen Unterzeichnern des Pariser Klimaabkommens, in dem sich die teilnehmenden Länder zur Erreichung der CO₂-Neutralität bis 2050 verpflichteten. 2021 änderte die Bundesregierung das Klimaschutzgesetz (KSG) und erhöhte die Minderungsquoten für Treibhausgasemissionen auf mittlere und lange Sicht. Mit ihrem

Generationenvertrag für das Klima hat sich die Regierung zum Ziel gesetzt, den CO₂-Ausstoß bis 2030 gegenüber 1990 um 65 % zu verringern, womit das ursprüngliche Ziel von 55 % übertroffen würde. Für 2040 gilt nunmehr ein Minderungsziel von 88 % und bis 2045 soll Klimaneutralität erreicht werden (Bundesregierung, 2021^[11]).

Schon die vorherigen Regierungen haben Maßnahmen ergriffen, um sowohl die Energiegewinnung als auch die Energienutzung in Deutschland zu dekarbonisieren und aus der nuklearen Stromerzeugung auszusteigen. Dank konzertierter Bemühungen auf mehreren Ebenen konnten verschiedene Energieprogramme Beiträge zur sogenannten Energiewende leisten. Auch wenn mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz im Jahr 2000 die gesetzliche Grundlage für die Energiewende geschaffen und diese mit dem Energiekonzept von 2010 gestärkt wurde, wird die Politik des Weiteren durch Entwicklungen innerhalb regelmäßiger Konferenzen der Vertragsparteien geprägt, wie etwa den Verpflichtungen, die Deutschland im Pariser Abkommen eingegangen ist. Weitere Einzelheiten zu dieser Politik finden sich an anderer Stelle im vorliegenden Bericht.

Wenn Deutschland seine ehrgeizigen Ziele erreichen möchte, muss es trotz seines starken Engagements zugunsten der ökologischen Nachhaltigkeit die Umsetzung seiner regierungspolitischen Agenda zur CO₂-Reduzierung und Nachhaltigkeit beschleunigen und bessere Ergebnisse erzielen. Der Kontrast zwischen Deutschlands gutem sozioökonomischen Leistungsbild im *OECD Better Life Index* und den schlechteren Ergebnissen in Bereichen der Umweltqualität führt einige der komplexen Herausforderungen – und oftmals gegeneinander wirkenden Kräfte – vor Augen, mit denen das Land konfrontiert ist. Die sozialen Auswirkungen sind erheblich. Über 90 % der deutschen Bevölkerung – und damit deutlich mehr als der OECD-Durchschnitt von 59 % – sind einer Feinstaubbelastung ausgesetzt, die über dem von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Höchstwert von 10 Mikrogramm pro Kubikmeter liegt (OECD, 2020^[12]). Mit 53 800 vorzeitigen Todesfällen pro Jahr hat diese Luftverschmutzung massive Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit (EUA, 2021^[13]).

Des Weiteren verursachen wichtige Wirtschaftsbranchen, darunter das Verarbeitende Gewerbe und die führenden Innovationstreiber starke Umweltverschmutzung (IEA, 2020^[14]). Zwar liegen die Treibhausgasemissionen pro Kopf unterhalb des OECD-Durchschnitts, doch sind sie höher als in den meisten EU-Ländern. Die Reduzierung der Kohlenstoffintensität seit dem Jahr 2000 bleibt hinter dem OECD-Durchschnitt zurück.

Hinsichtlich der erneuerbaren Energien machen fossile Energieträger in Deutschland weiterhin einen erheblichen Anteil des für die Stromerzeugung genutzten Energiemix aus. Sektorspezifische Transformationspläne, wie sie ursprünglich im Klimaschutzplan 2050 dargelegt wurden, der durch das Klimaschutzgesetz von 2021 geändert wurde, müssen sich mit dem langfristig nicht tragbaren hohen Anteil an fossilen Energieträgern in der Energie- und Stromerzeugung auseinandersetzen. Dies gilt insbesondere angesichts der Tatsache, dass es für die Industrie und das Verarbeitende Gewerbe keine wirtschaftlichen Alternativen zur Energieerzeugung gibt. Ein hoher Anteil an fossilen Energieträgern führt außerdem zu einer sehr starken Abhängigkeit von Importen aus Russland (vgl. die diesbezügliche Diskussion in Kapitel 9). Deswegen hat sich Deutschland ambitionierte Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien gesetzt und verfügt über eine Vielzahl von nationalen Strategien – darunter insbesondere die Energiewende sowie auf konkreten Technologien wie Wasserstoff aufbauenden Strategien – um die Entwicklung und wirtschaftliche Verwertung von Technologien zu beschleunigen, die dazu beitragen könnten, den Energiesektor und infolgedessen die von ihm abhängigen Branchen zu dekarbonisieren.

2.4. Staatsschulden und öffentliche Investitionen

Die Ausrichtung öffentlicher Finanzen und Investitionen bringt im Kontext der Innovationsförderung in Deutschland unterschiedliche Folgen mit sich. Mit seiner staatlichen Unterstützung für Forschung und Innovation (F&I) nimmt Deutschland den dritthöchsten Rang ein: Im Jahr 2019, dem letzten Jahr, für das

entsprechende Daten zur Verfügung stehen, stellten die staatlich finanzierten Bruttoinlandsausgaben für Forschung und Entwicklung (BAFE) 0,88 % des BIP dar (OECD, o. J.^[15]). Jedoch müssen sich die politischen Entscheidungsträger im Hinblick auf dieses umfassende und finanziell gut ausgestattete System fragen, ob die Programme und die Unterstützung in ausreichendem Maß den Anforderungen der Wirtschaft in Zukunft entsprechen und nicht an denen der vergangenen Jahre und Jahrzehnte ausgerichtet sind. Deutschland ist ein Land, in dem die Innovationsausgaben zum weit überwiegenden Teil durch den Unternehmenssektor getätigt werden und in dem die FuE-Aktivitäten der Unternehmen über Jahrzehnte die starke Innovationsleistung getragen haben. Doch ob die derzeitige Ausrichtung und die derzeitigen Entwicklungen der deutschen Industrie die für eine *nachhaltigere* Wirtschaft notwendigen Innovationen hervorbringen können, muss sich noch herausstellen. Ebenso wenig ist klar, ob Deutschland seine internationale Wettbewerbsfähigkeit in einem globalen Kontext aufrechterhalten kann, in dem Dekarbonisierung und fortgeschrittene Digitalisierung Voraussetzungen für den Erfolg sind. Da viele der Marktführer aus Deutschland in CO₂-intensiven und damit u. U. störungsanfälligeren Branchen tätig sind, müssen sich die politischen Entscheidungsträger*innen mit der Frage auseinandersetzen, ob – und inwieweit – der öffentliche Sektor mehr investieren sollte, um das Innovationssystem des Landes in eine Richtung zu lenken, die Nachhaltigkeit stärker fördert. Und schließlich erfordert Innovation eine hochwertige öffentliche und private Infrastruktur. Dies ist besonders in Deutschland von Bedeutung, wo ein erheblicher Rückstau bei den öffentlichen Investitionen negative außenwirtschaftliche Effekte für die innovativen – und potenziell innovativen – Unternehmen des Landes haben kann (vgl. auch die Erörterung in Kapitel 6) (OECD, 2020^[12]).

In Deutschland werden die politischen Auseinandersetzungen rund um die Förderung von Innovationen vor dem Hintergrund der langjährigen und verfassungsrechtlich verbindlichen Verpflichtung zur Begrenzung staatlicher Kreditaufnahmen auf 0,35 % des BIP geführt, wobei die Bruttostaatsverschuldung Deutschlands (68 % des BIP) vor der Pandemie (2019) die niedrigste der G7-Staaten war (OECD, 2020^[12]). Diese „Schuldenbremse“ wurde 2009 im Grundgesetz kodifiziert und setzt den Bundesländern, die ab dem Jahr 2020 für ausgeglichene Haushalte sorgen müssen, strengere Grenzen. Diese nationalen Verpflichtungen wurden im Kontext des EU-Fiskalvertrags eingegangen, in dem sich die Vertragsstaaten, darunter Deutschland, verpflichtet haben, mittelfristig eine strukturelle Defizitobergrenze von 0,5 % des BIP einzuhalten. Abweichungen von der Obergrenze von 0,35 % für den Bund werden auf einem Kontrollkonto erfasst. Überschreitet ein etwaiger negativer Saldo des Kontrollkontos den Schwellenwert von 1 % des BIP, sind im Aufschwung Konsolidierungsmaßnahmen umzusetzen. Das infolge der Covid-19-Pandemie von der Bundesregierung geschnürte Konjunkturpaket, mit 6 % des BIP eines der umfangreichsten der Welt, stellte eine deutliche Abkehr von der vergleichsweise konservativen Kreditaufnahmepolitik der vorangegangenen Jahre dar. Dieses Niveau an Kreditaufnahmen wurde durch eine Klausel ermöglicht, die strukturelle Kreditaufnahmen über 0,35 % des BIP in Notfallsituationen ermöglicht, wie sie von der Bundesregierung im Jahr 2020 ausgerufen wurde.

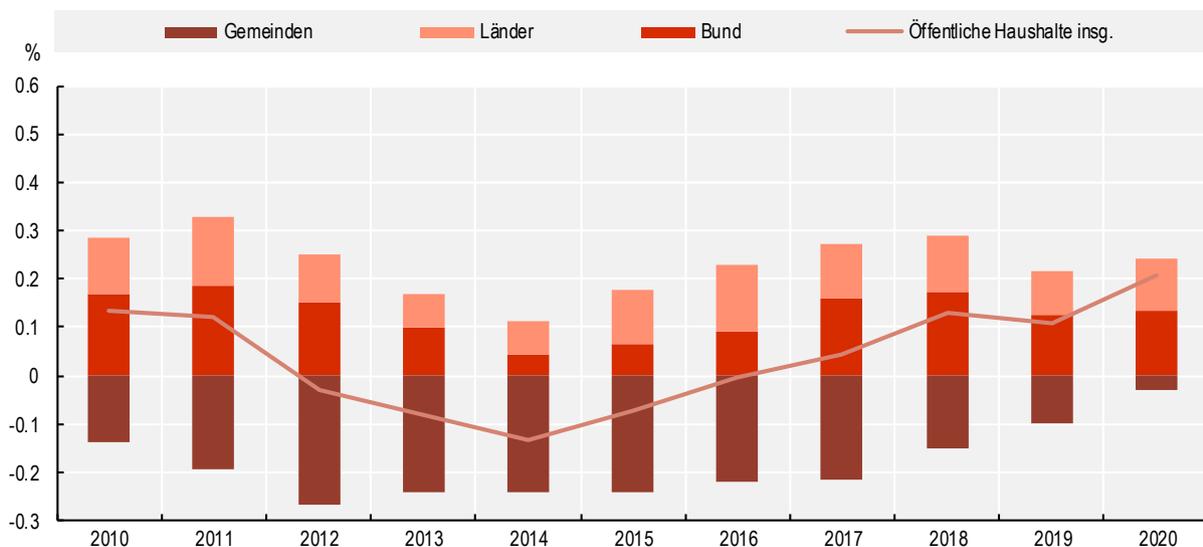
In der jüngeren Vergangenheit haben sich öffentliche Investitionen sowohl auf nationaler Ebene als auch auf EU-Ebene zunehmend auf die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen konzentriert, was zeigt, dass die Politik die Notwendigkeit erkannt hat, Gesellschaft und Wirtschaft auf ihrem Weg hin zu einer nachhaltigen Zukunft zu unterstützen. Das infolge der Covid-19-Pandemie von der Bundesregierung vorgestellte Konjunkturpaket stellt eine Finanzspritze für die Wirtschaft in Höhe von 50 Mrd. EUR in Form unmittelbarer öffentlicher Investitionen und von Anreizen für Investitionen des privaten Sektors dar. Ergänzt werden diese Mittel durch zusätzliche Investitionen, die im Rahmen der Aufbau- und Resilienzfazilität (ARF) der EU ausgezahlt werden. Mit 806,9 Mrd. EUR stellt sie das größte Konjunkturpaket in der Geschichte der EU dar. Die Förderschwerpunkte in deutschen ARF-Anträgen sind ein Hinweis darauf, in welche Richtung die Politik die Wirtschaft des Landes führen möchte. Zusätzlich zur kurzfristigen Unterstützung von KMU und des Privatsektors fördert die ARF auch Reformen und Investitionen, die auf digitale und ökologische Transformationen sowie im weiteren Sinne auf wirtschaftliche Resilienz und Teilhabe ausgerichtet sind. Von der ARF geförderte Projekte müssen einer der sechs Kategorien („Säulen“) angehören: ökologischer Wandel; digitaler Wandel; intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum; sozialer und territorialer

Zusammenhalt; Gesundheit und wirtschaftliche, soziale und institutionelle Resilienz; Maßnahmen für die nächste Generation, Kinder und Jugendliche. Im Rahmen der ARF hat die Bundesregierung 27,9 Mrd. EUR für 50 Maßnahmen aus allen 6 Schwerpunktbereichen beantragt, die mit den von der Europäischen Kommission definierten Säulen übereinstimmen. Die sechs Schwerpunktbereiche der Europäischen Kommission lauten: Klimapolitik und Energiewende; Digitalisierung der Wirtschaft und Infrastruktur; Digitalisierung der Bildung; Stärkung der sozialen Teilhabe; Stärkung eines pandemie-resilienten Gesundheitssystems; Moderne öffentliche Verwaltung und Abbau von Investitionshemmnissen. In Deutschland gingen die größten Förderbeträge an Projekte innerhalb der Schwerpunkte „Klimapolitik und Energiewende“ (40,3 % der Gesamtfördersumme) und „Digitalisierung der Wirtschaft und Infrastruktur“ (21,1 %). Da ein überwiegender Teil der ARF-Fördermittel für F&I-Projekte ausgeschüttet wird, gibt die Konzentration der Planung und Förderung auf diese beiden Schwerpunkte Hinweise auf die WTI-Herausforderungen, mit denen die Regierung in Bezug auf Transformation und Resilienz rechnet

Obwohl öffentliche Investitionen seit 2015 zugenommen haben, besteht weiterhin erheblicher Bedarf insbesondere in Schulen, im Verkehrswesen sowie in der ökologischen und digitalen Infrastruktur (Abbildung 2.5). Dies trifft umso mehr auf kommunaler Ebene zu, wo die öffentlichen Nettoinvestitionen negativ bleiben. Ein kürzlich vom Institut der deutschen Wirtschaft (IW) und dem Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK) gemeinschaftlich erstelltes Dokument schätzte den Bedarf an öffentlichen Investitionen, die in den kommenden zehn Jahren zum Abbau des bestehenden Investitionsstaus, zum Ausbau frühkindlicher Erziehung und Bildung sowie zur Dekarbonisierung und Modernisierung von Verkehrsnetzen erforderlich sind, auf 450 Mrd. EUR (Bardt et al., 2019^[16]). Seit 2003 hat sich der kommunale Nettokapitalstock um rund 80 Mrd. EUR verringert, was zu einem geschätzten Investitionsstau von 147 Mrd. EUR insbesondere bei Investitionen in Schulen und Verkehr beigetragen hat (OECD, 2021^[17]).

Abbildung 2.5. Nettoinvestitionen der Kommunen trotz wieder steigender öffentlicher Investitionen weiterhin negativ

Öffentliche Nettoinvestitionen nach Gebietskörperschaften, in Prozent des BIP



Anmerkung: Öffentliche Bruttoanlageinvestitionen minus Abschreibungen.

Quelle: OECD (2020^[12]), „Öffentliche Investitionen gestiegen, aber kommunale Nettoinvestitionen immer noch negativ“, in *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, Abbildung 1.21, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>.

In einigen Fällen hat der Staat Mittel für öffentliche Investitionen zur Verfügung gestellt, doch wird deren Auszahlung durch Hürden bei der örtlichen Verwaltung gebremst. Dass der tatsächliche Erhalt von Fördermitteln eine größere Herausforderung darstellt als die Zuweisung selbst war ein häufiges Thema in den Diskussionen mit diversen Akteuren des öffentlichen und privaten Sektors. Verzögerungen bei der Auszahlung stellen insbesondere bei zeitkritischen Digitalisierungsprojekten ein Problem dar. Das gilt nicht nur für Investitionen in die digitale Infrastruktur, sondern auch in Branchen mit hohem Emissionsniveau (wie die Verkehrsbranche). Entsprechend sollte die fortdauernde und erhöhte Mittelübertragung an Kommunalverwaltungen unbedingt mit Bemühungen einhergehen, die Einschränkungen bei Planung, Bau und Politikumsetzung vor Ort abzubauen. Insbesondere Investitionen in die Konnektivitätsinfrastruktur in Deutschland würden von einer Bündelung und Straffung des Verwaltungsansatzes bei neuen Initiativen wie der gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur profitieren.

In der Tat könnte sich eine bessere Infrastruktur – und Infrastrukturgovernance – äußerst positiv auf die Produktivität und Innovationsfähigkeit von Unternehmen auswirken. Der kürzlich veröffentlichte *OECD-Wirtschaftsbericht: Deutschland* hob drei Möglichkeiten hervor, wie die Produktivität auf Unternehmensebene von besserer Infrastrukturgovernance profitieren könnte (OECD, 2020_[12]). Erstens könnte die Auswahl der besten Infrastrukturprojekte durch eine systematischere strategische Planung unterstützt werden, wobei die *OECD Recommendation on the Governance of Infrastructure* die Bedeutung einer langfristigen strategischen Vision für die Infrastruktur unter Berücksichtigung von sektorübergreifenden Synergien betont. In der Transformationsphase bei der Dekarbonisierung und Digitalisierung kommt es entscheidend darauf an, einen koordinierten Ansatz bei der Infrastrukturplanung zu gewährleisten. Zweitens sollten die politischen Entscheidungsträger*innen sich darum bemühen, die Planungsverfahren vor Ort zu straffen, da allzu aufwendige und regionalspezifische Verfahren Investitionen verzögern und manchmal Kommunen dazu veranlassen können, Vorhaben zu blockieren, die auf Bundesebene beschlossen wurden. Drittens könnte Deutschland durch eine bessere Datennutzung das Preis- und Leistungsverhältnis im Beschaffungswesen verbessern, da eine anhaltende mangelnde Koordinierung durch den Bund die Möglichkeit der Kommunen beeinträchtigt, voneinander zu lernen.

Literaturverzeichnis

- Bardt, H. et al. (2019), „Für eine solide Finanzpolitik: Investitionen ermöglichen!“, *IW-Policy Papers*, No. 10/2019, Institut der Deutschen Wirtschaft, Köln, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/206755/1/1682228312.pdf>. [16]
- BMWi (2021), *Fakten zum deutschen Außenhandel*, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Aussenwirtschaft/fakten-zum-deutschen-aussenhandel.pdf>. [2]
- Bundesregierung (2021), „Klimaschutzgesetz 2021 – Generationenvertrag für das Klima“, Bundesregierung, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>. [11]
- EUA (2021), „Health impacts of air pollution in Europe, 2021“, Briefing, no. 19/2021, Europäische Umweltagentur, Kopenhagen, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution>. [13]
- Eurostat (2021), „Old-age dependency ration increases across EU regions“, 30. September, Eurostat, Luxemburg, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20210930-1>. [5]

- IEA (2020), *Germany 2020 Energy Policy Review*, Energy Policy Reviews, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/cedb9b0a-en>. [14]
- ifo Institut (2021), „Engpässe bei der Beschaffung könnten Aufschwung der Industrie bremsen“, Pressemitteilung, 03. Mai, ifo Institut, München, <https://www.ifo.de/en/node/63076>. [9]
- OECD (2021), *OECD Economic Outlook, Volume 2021 Issue 1*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/edfbca02-en>. [17]
- OECD (2021), *Revenue Statistics 2021: The Initial Impact of COVID-19 on OECD Tax Revenues*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/6e87f932-en>. [6]
- OECD (2020), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>. [12]
- OECD (2020), „STAN Industrial Analysis 2020 ed.“, Datensatz, OECD, Paris, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=STANI4_2020. [1]
- OECD (2020), „Wie lebt es sich in Deutschland?“, in *How's Life? 2020: Measuring Well-being*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/79446193-de>. [3]
- OECD (2019), *Skills Matter: Additional Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1f029d8f-en>. [4]
- OECD (o. J.), „Germany Economic Snapshot: Economic Forecast (June 2022)“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/economy/germany-economic-snapshot>. [8]
- OECD (o. J.), „Gross domestic product (GDP)“, Indikator, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/dc2f7aec-en>. [7]
- OECD (o. J.), „OECD Science, Technology and Innovation Scoreboard“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>. [15]
- OECD (o. J.), „Real GDP forecast“, Indikator, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1f84150b-en>. [10]

3

Die deutsche Innovationsleistung im Vergleich

In diesem Kapitel werden die zentralen Merkmale des deutschen Innovationssystems im internationalen Vergleich beschrieben. Es wird dargelegt, wie Deutschland bei maßgeblichen Indikatoren der Innovationsleistung abschneidet. Aus den vorgelegten Daten geht hervor, dass Deutschland bei einer Reihe von Technologien und Branchen eine globale Spitzenposition im Hinblick auf Innovationen einnimmt. Kritisch anzumerken ist die Tatsache, dass sich die vom Unternehmenssektor in Forschung und Entwicklung investierten Mittel zunehmend weniger rentieren. Auch stagnieren die Investitionen in immaterielles Kapital und in Informations- und Kommunikationstechnologien.

Einleitung

Im Folgenden soll die Innovationsleistung Deutschlands anhand von unterschiedlichen Indikatoren im internationalen Vergleich verortet werden. Die dargestellten Daten beziehen sich sowohl auf die Innovationsergebnisse von Unternehmen als auch auf wissenschaftliche Einrichtungen.

Wie in Kapitel 1 erörtert, verfügt Deutschland über ein gut ausgestattetes und etabliertes Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (WTI-System). Ein internationaler Leistungsvergleich bestätigt dies: Deutschland ist einer der produktivsten und leistungsfähigsten Innovationsträger der Welt. Bei der Patentierung und Eintragung von Markenzeichen gehört das Land ebenso zur Weltspitze wie bei den wissenschaftlichen Veröffentlichungen, und zwar sowohl in etablierten technologischen Fachgebieten (z. B. im Maschinenbau) als auch in vielen anderen Disziplinen, die für die ökologische und digitale Transformation von Bedeutung sind.

Die Innovationsleistung des deutschen WTI-Systems wird durch einen fortwährend hohen Kapitalstock und rege Investitionstätigkeit angetrieben – hinsichtlich dieser Faktoren ist Deutschland mit Abstand die führende Volkswirtschaft in Europa und eine der global bedeutendsten. Gleichzeitig sind aber die Investitionen in immaterielles Kapital und Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) vergleichsweise niedrig; dies beeinträchtigt möglicherweise die Fähigkeit der Unternehmen, im Rahmen der digitalen und ökologischen Transformation neue Chancen für Innovationen zu nutzen.

Dieses Kapitel besteht aus zwei Teilen. Abschnitt 3.1 stellt die Innovationsleistung Deutschlands auf der Makroebene vor und untersucht dabei maßgebliche gesamtwirtschaftliche Leistungsindikatoren für die Vorleistungen, die Zwischen- und die Endergebnisse der Innovationstätigkeit. In Abschnitt 3.2 werden sodann die sektorspezifischen, regionalen und sozialen Dimensionen der deutschen Innovationsleistung betrachtet.

3.1. Die Innovationsleistung Deutschlands

Der vorliegende Abschnitt stellt unter Verwendung üblicher Messgrößen für Vorleistungen, Zwischen- und Endergebnisse maßgebliche Fakten zur Leistung des deutschen Innovationssystem vor (Kasten 3.1).

Kasten 3.1. Innovation messen: Vorleistungen, zwischenergebnisbezogene Indikatoren und Endergebnisse

Das *OECD Oslo Manual* definiert Innovation als „ein neues oder verbessertes Produkt bzw. ein neuer oder verbesserter Prozess (oder eine Kombination der beiden), das bzw. der sich von den bisherigen Produkten bzw. Prozessen der Einheit merklich unterscheidet und für potenzielle Nutzer verfügbar gemacht wurde (Produkt) bzw. in der Einheit eingeführt wurde (Prozess)“ (OECD/Eurostat, 2018^[1]). Die Beurteilung der Kapazitäten und Leistung eines Innovationssystems im internationalen Vergleich ist allerdings komplex. Um Entwicklungen im Zeitverlauf gegenüberzustellen und nachzuverfolgen, werden üblicherweise mehrere Standardindikatoren verwendet. Doch sowohl beim eigentlichen Messen von Innovation als auch beim länderübergreifenden Vergleich hat jeder der WTI-Indikatoren sowohl Stärken als auch Unzulänglichkeiten. Im Folgenden werden drei Arten dieser Indikatoren vorgestellt und in ihren Kontext eingeordnet.

1. Indikatoren der Innovationsvorleistungen

Indikatoren der Innovationsvorleistungen messen die Höhe der Ausgaben innerhalb des WTI-Ökosystems zur Schaffung von Innovationen. Der Hauptnachteil dieser Messgrößengruppe besteht darin, dass sie außer Acht lassen, ob der gemessene Input erfolgreiche Innovationen hervorbringt.

Messgrößen wie Bruttoanlageinvestitionen und Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) können einen Anhaltspunkt geben, welche Ressourcen für aktuelle oder zukünftige Innovations-tätigkeiten zur Verfügung stehen. Vorteilhaft ist, dass es internationale Normen für die Erhebung dieser Daten zu Vergleichszwecken gibt, die im *Frascati-Handbuch* zu finden sind.

Allerdings beschränken sich die für Innovationstätigkeit maßgeblichen Investitionen nicht unbedingt auf FuE-Ausgaben. Aus diesem Grund gibt es Versuche, zusätzlich Informationen über immaterielle Investitionen zu erheben, wobei dieser Begriff weit definiert wurde als Investitionen in computergestützte Informationssysteme (Datenbanken und Software), der Erwerb von innovationsbasiertem Eigentum (wie wissenschaftliche und nichtwissenschaftliche FuE, Urheberrechte, eingetragene Designs und Warenzeichen) und wirtschaftliche Kompetenzen (wie Markenwert, unternehmensspezifisches Humankapital, Netzwerke, organisatorisches Know-how und Marketing) (OECD, 2011^[2]). Eine steigende Zahl von Untersuchungen zeigt, dass immaterielle Investitionen ebenfalls einen wichtigen Parameter sowohl für die Innovationskapazitäten als auch für die Produktivität darstellen: Unternehmen mit höheren immateriellen Investitionen weisen mit größerer Wahrscheinlichkeit auch eine höhere Produktivität auf (Criscuolo et al., 2021^[3]; Haskel und Westlake, 2017^[4]; Kaus, Slavtchev und Zimmermann, 2020^[5]). Investitionen in immaterielle Güter sind wichtig, um sicherzustellen, dass sowohl der öffentliche Sektor als auch der Privatsektor bei der Innovationsförderung digitale Technologien übernehmen und einsetzen können.

Indikatoren zum Forschungspersonal bieten eine weitere Möglichkeit, Innovation zu messen; sie stellen auf die eingesetzten Humanressourcen ab und werden ebenfalls international erhoben.

2. Indikatoren der Zwischenergebnisse

Patente und Veröffentlichungen können dazu dienen, Zwischenergebnisse zu messen, weil sie sich auf noch nicht wirtschaftlich verwertete Fortschritte beziehen, die aus Innovationsprozessen und -investitionen hervorgegangen sind. Lediglich ein geringer Teil dieser Zwischenergebnisse wird sich zu erfolgreichen Innovationen weiterentwickeln.

Daten zu Patenten bieten den Vorteil, dass einige der Messgrößen einen internationalen Vergleich ermöglichen. Besonders gut eignen sich dafür einerseits die Patentanmeldungen nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (Patent Cooperation Treaty – PCT)¹ und andererseits die Anmeldungen bei den fünf größten Patentämtern der Welt (IP5) – also dem Europäischen Patentamt (EPA), dem japanischen Patentamt (JPO), dem Patent- und Markenamt der Vereinigten Staaten (USPTO), dem koreanischen Amt für geistiges Eigentum (KIPO) und dem chinesischen Amt für geistiges Eigentum (CNIPA). IP5-Patente sind Patente, die weltweit in wenigstens zwei Ämtern für geistiges Eigentum registriert sind, von denen eines zu den IP5 gehören muss.

Allerdings gibt es auch Vorbehalte bezüglich dieser Messgrößen: Obgleich Patentdaten breite Anwendung finden, sind sie bekanntermaßen nur für einige Sektoren der Wirtschaft – z. B. für die Pharmaindustrie, Chemiebranche und den Maschinenbau – von großer Bedeutung, aber nicht für alle. Es fällt u. a. auf, dass sie in der Digitalwirtschaft, mit ihren Innovationen in Form von Software, künstlicher Intelligenz und Dienstleistungen, weniger wichtig sind. Wegen ihrer größeren Relevanz für das Verarbeitende Gewerbe erzielen diejenigen Länder tendenziell höhere Patentanmeldungen, die in diesem Wirtschaftszweig aktiver sind, was die deutsche Wirtschaft wahrscheinlich in einem günstigeren Licht erscheinen lässt.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen einen weiteren Indikator für innovative Zwischenergebnisse dar. Sie dienen häufig als Maßstab für die Forschungsleistung – insbesondere in den Naturwissenschaften und angewandten Wissenschaften, wo sie ein wichtiges Mittel zur Verbreitung neuer Erkenntnisse darstellen. Wissenschaftliche Veröffentlichungen lassen sich im Allgemeinen drei Kategorien zuordnen: Artikel in Fachzeitschriften, die zur Verbreitung neuer Erkenntnisse veröffentlicht

werden, Übersichtsartikel, die in einem bestimmten Feld veröffentlichte Forschungsergebnisse zusammenstellen und zusammenfassen, und Tagungsberichte. Dieser Indikator ist auch aufgrund seiner Metadaten nützlich: Veröffentlichungen liefern verschiedene Einzelheiten über ihre Verfasser*innen und deren Institutionen, und damit auch Einblicke in die Zusammenarbeit dieser Akteur*innen und in andere mit ihnen zusammenhängende Indikatoren (wie Patente) (Europäische Kommission, 2021^[6]).

3. Indikatoren der Innovationsergebnisse und -qualität

Die Daten zum Innovationsoutput wurden bisher mittels Innovationsumfragen erhoben, bei denen die Unternehmen angeben sollten, ob sie eine Innovation eingeführt haben, und falls ja, wie hoch der Neuheitsgrad ist (OECD/Eurostat, 2018^[11]). Diese Indikatoren stellen zwar die unmittelbarste Messgröße für Innovation dar, ihre Anwendung im internationalen Vergleich hat sich aber als eher schwierig erwiesen.

Eine eher mittelbare, aber nützliche Messgröße für Innovationsergebnisse sind Warenzeichen. Sie dienen zwar weniger der unmittelbaren Erfassung von Innovationen, aber sie spiegeln den ersten Schritt der wirtschaftlichen Verwertung von Innovationen wider. Wird ein Warenzeichen wirtschaftlich verwertet, wird dadurch der mit dem Warenzeichen verbundenen Innovation – gleich, ob diese technologischer oder nichttechnologischer Natur ist – implizit ein Wert zugewiesen. Diese Daten sind außerdem textlastig und leicht zu verarbeiten. Ihre Metadaten erlauben zusätzliche Einblicke in Belange wie die regionale und sozioökonomische Teilhabe an Innovationen, in Forschungsk Kooperationen und in die Internationalisierung der Forschung – insofern ähneln sie Patenten. Darüber hinaus ermöglichen sie die Nachverfolgung der wirtschaftlichen Verwertung von Zukunftstechnologien. Warenzeichen spielen insbesondere im Dienstleistungssektor eine besondere Rolle, wo Innovationen häufig als nichttechnologisch einzustufen sind.

Zusätzlich können Erkenntnisse zur Innovationsqualität auch aus einer Bewertung der Qualität und Komplexität von Exportprodukten abgeleitet werden (Atkin, Khandelwal und Osman, 2017^[7]). Letztlich spiegelt eine vergleichsweise hohe Qualität der Exportprodukte eines Landes auch entsprechende Innovationsbemühungen wider, die den Produkten zugrunde liegen. Für die Messung der Produktqualität kommen verschiedene Bewertungsmethoden zum Einsatz.

3.2. Vorleistungen für Innovation: FuE, immaterielle und sonstige Investitionen

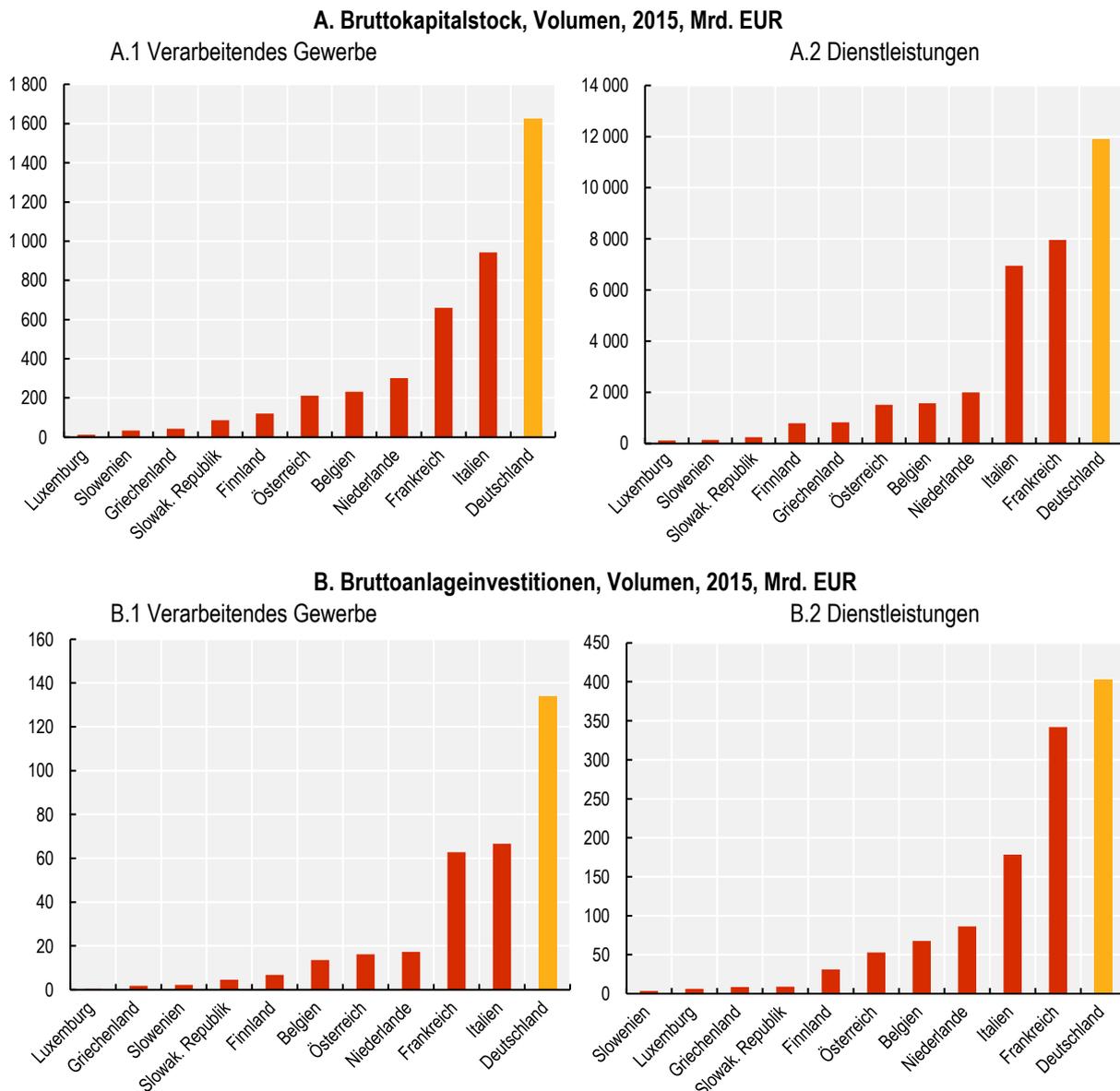
3.2.1. Investitionen und FuE

Im Jahr 2018 war Deutschland das EU-Land mit den höchsten jährlichen Bruttoanlageinvestitionen und Bruttokapitalstöcken in der Industriebranche und im Verarbeitenden Gewerbe (Abbildung 3.1). In verschiedenen Bereichen, z. B. in der chemischen Industrie und im Maschinenbau, verfügte Deutschland über einen mehr als zweimal so hohen Kapitalstock wie das zweitplatzierte Land (Italien) und damit auch über weltweit führende Wissensreserven und Produktionskapazitäten.

Im Jahr 2019 beliefen sich die Bruttoinlandsausgaben für Forschung und Entwicklung (BAFE) auf 3,19 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) (110 Mrd. EUR) – nach den Vereinigten Staaten, China und Japan sowohl relativ als auch in nominaler Rechnung das weltweit vierthöchste Niveau (Abbildung 3.2) (OECD, o. J.^[8]). Im selben Jahr gab die deutsche Regierung ein BAFE-Ziel in Höhe von 3,5 % des BIP bis 2025 vor (Bundesregierung, 2019^[9]).² Die FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor (BERD) beliefen sich auf 91 Mrd. USD (78 Mrd. EUR); weltweit lag Deutschland damit nominal gerechnet an vierter und mit 2,2 % des BIP an neunter Stelle (OECD, o. J.^[10]). Der Großteil der Bruttoinlandsausgaben für Forschung und Entwicklung (69 %) entfällt auf den Unternehmenssektor, der Anteil dieser Aufwendungen am BIP stieg von 1,42 % im Jahr 1994 auf 2,2 % im Jahr 2019 (OECD, o. J.^[8]). Die deutschen FuE-Ausgaben der Hochschulen

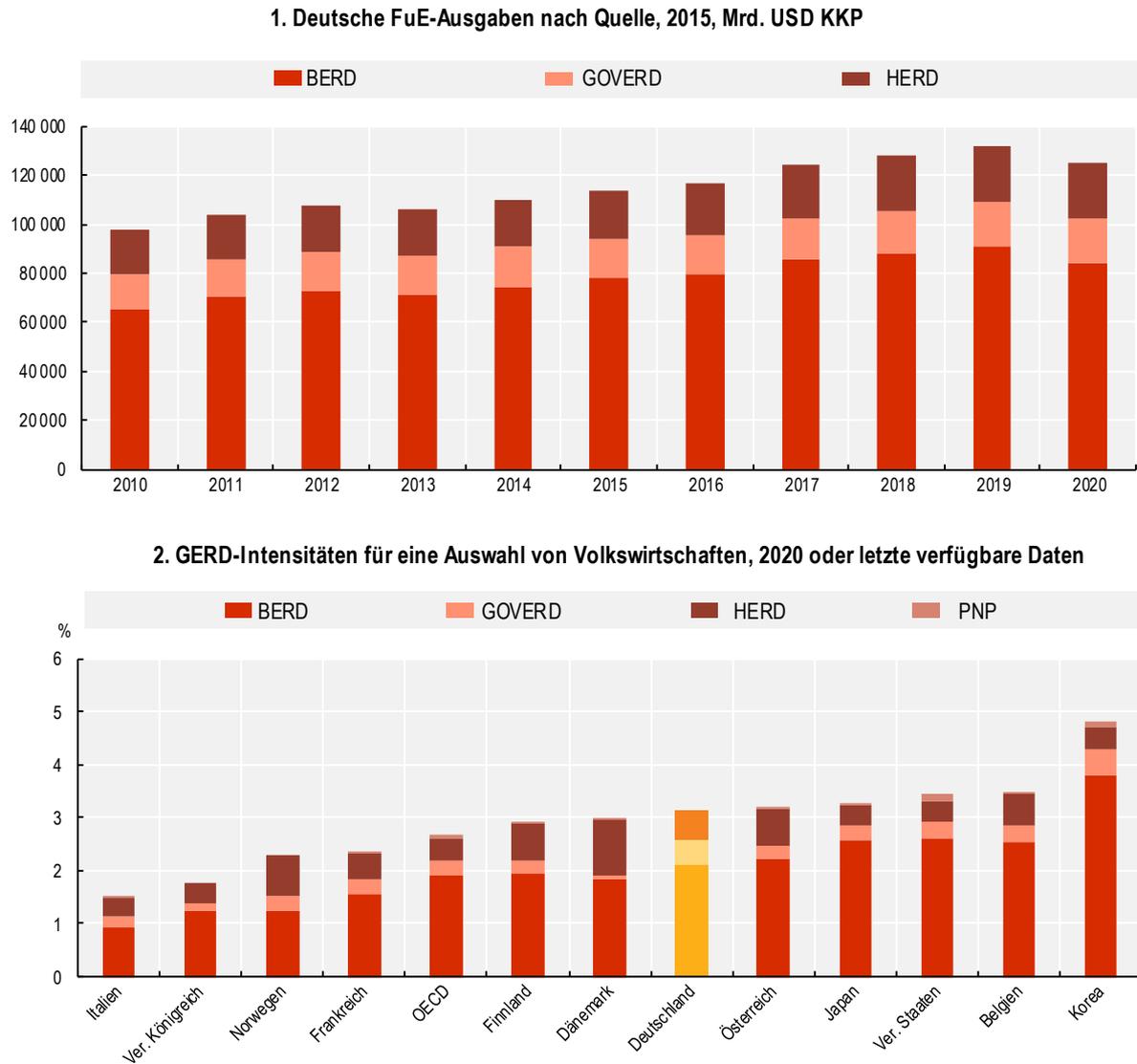
(HERD) belaufen sich auf 0,56 % des BIP bzw. 22,2 Mrd. EUR – das dritthöchste Niveau der Welt, hinter den Vereinigten Staaten und China. Die Ausgaben des Staatssektors für FuE (GOVERD) erreichten zuletzt 17,4 Mrd. EUR – weltweit der dritte Platz – bzw. 0,44 % des BIP, das zweithöchste Niveau nach Korea.

Abbildung 3.1. Bruttoanlagekapitalstock und Kapitalflüsse im Euroraum, 2018



Quelle: OECD (o. J.^[11]), „STAN Bilateral trade database by industry und end-use category, ISIC Rev. 4“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/data-00691-en> (Abruf: 22. April 2022).

Abbildung 3.2. FuE in der OECD in absoluten Zahlen und im Vergleich

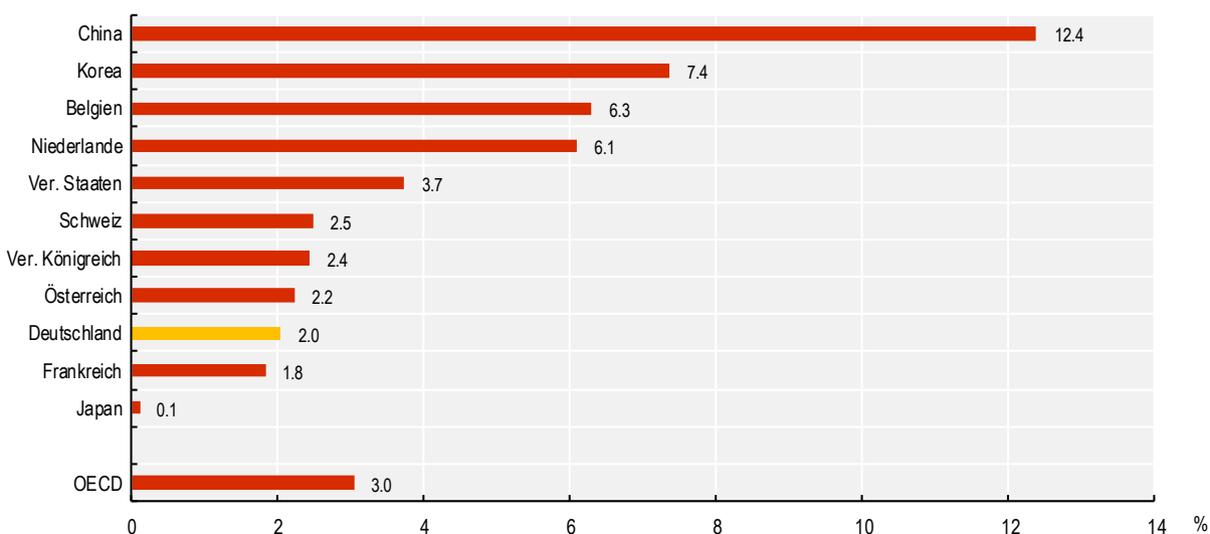


Anmerkung. Daten für das Vereinigte Königreich aus 2019.

Quelle: OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (Datensatz), <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. April 2022).

In Deutschland betrug die durchschnittliche jährliche BERD-Wachstumsrate 1,9 % zwischen 2008 und 2020. Die meisten anderen großen Länder verzeichneten einen deutlicheren Anstieg (12,4 % für China, 3,7 % für die Vereinigten Staaten und 2,4 % für das Vereinigte Königreich), in Frankreich (1,8 %) und Japan (0,1 %) war er allerdings geringer (siehe Abbildung 3.3).

Abbildung 3.3. Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der FuE-Ausgaben in der Industrie, 2008–2020



Anmerkung: Die Zahlen für die Schweiz beziehen sich auf den Zeitraum 2008–2019

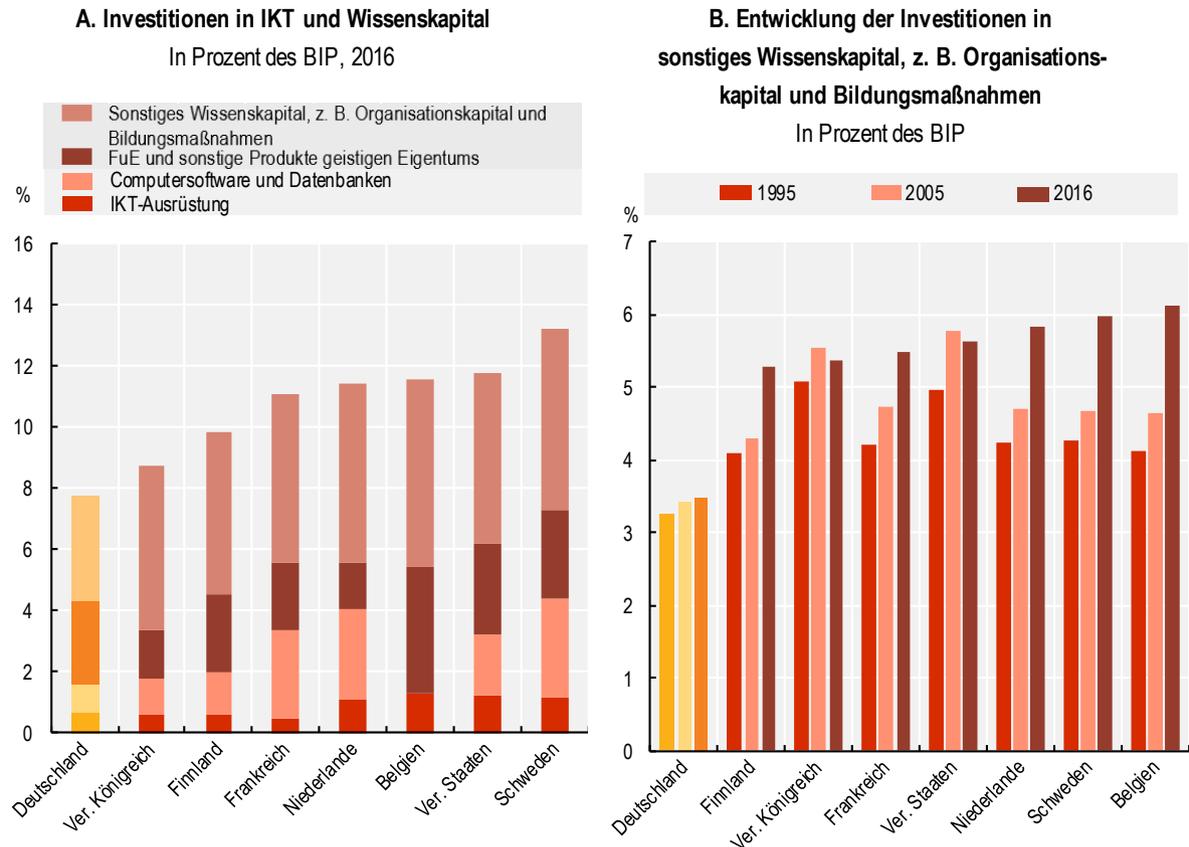
Quelle: OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (Datensatz), <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. April 2022).

3.2.2. Immaterielles und wissensbasiertes Kapital in Deutschland

Investitionen in IKT stellen eine verwandte aggregierte Messgröße für Innovation dar. Die deutschen IKT-Investitionen beliefen sich 2017 auf nur 1,63 % des BIP – nur drei OECD-Länder verzeichneten einen noch geringeren Anteil (OECD, o. J.^[12]). Der Beitrag des IKT-Kapitals zum Wachstum ist in Deutschland damit nur halb so groß wie in den Vereinigten Staaten; zudem geht er seit Anfang der 2000er Jahre konstant zurück. Die Daten spiegeln die im Vergleich zu anderen im Innovationsbereich führenden Ländern geringe Verbreitung von IKT in der deutschen Wirtschaft wider. Dies belegen auch Daten über die Aktualisierung von IKT durch Unternehmen; eine eingehende Erörterung findet sich in Kapitel 10.

Wie aus Abbildung 3.4 ersichtlich stagnierten die Investitionen in Wissenskapital (z. B. in Organisationskapital oder Bildungsmaßnahmen) in Deutschland zwischen 1995 und 2016, insbesondere im Vergleich zu den in dieser Hinsicht leistungsstärksten Ländern. In ähnlicher Weise betragen die Investitionen in Software und Datenbanken weniger als zwei Drittel des OECD-Durchschnitts; dies spiegelt teilweise die deutsche Konzentration auf FuE und Kapitalinvestitionen im Verarbeitenden Gewerbe wider.

Abbildung 3.4. Investitionen in IKT und wissensbasiertes Kapital auf niedrigem Niveau



Anmerkung. Für Belgien stehen keine Aufschlüsselungen der Produkte geistigen Eigentums zur Verfügung. „Sonstiges Wissenskapital“ sind Schätzungen auf der Grundlage von Daten aus INTAN-Invest und decken sämtliche Branchen mit Ausnahme der folgenden ab: Immobilienaktivitäten, öffentliche Verwaltung, Bildung, Gesundheit und Wohnungswesen.

Quelle: OECD (2020^[13]), *Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>, auf der Grundlage der *OECD National Accounts Statistics* Datenbank, https://www.oecd-ilibrary.org/economics/data/oecd-national-accounts-statistics_na-data-en, und INTAN-Invest-Daten, <http://www.intaninvest.net/>.

3.2.3. Humanressourcen für Innovation

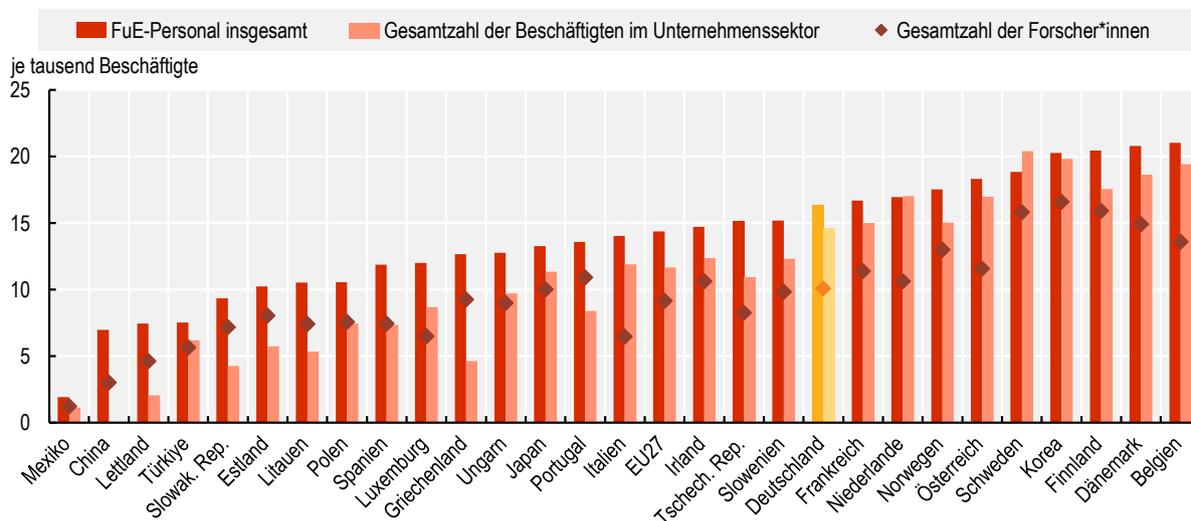
Mit 450 700 Forschenden (gerechnet in Vollzeitäquivalenten) gehört Deutschland weltweit zu den Staaten mit den höchsten dauerhaften Forschungskapazitäten. Nur China, die Vereinigten Staaten und Japan verfügen über mehr Vollzeitäquivalente in der Forschung. In der Europäischen Union führt Deutschland mit großem Abstand vor Frankreich (314 100) und Italien (160 800). Deutschland befindet sich bei der Gesamtanzahl von in FuE Beschäftigten im Verhältnis zur Erwerbsbevölkerung in Ländern mit mehr als 50 Millionen Einwohnern auf Platz 10 und damit auf ähnlichem Niveau wie Frankreich, aber hinter Korea. Wie in anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften der OECD ist auch in Deutschland die überwiegende Mehrheit der Forschenden im Unternehmenssektor beschäftigt (61 %). Die Anzahl der Forschenden liegt im Hochschulsektor (24 %) etwas unter dem OECD-Durchschnitt (30 %) und im öffentlichen Sektor (13 %) über dem OECD-Durchschnitt (6,5 %).

In Anbetracht der großen Bedeutung des Privatsektors für die Innovationstätigkeit in Deutschland ist es möglicherweise nicht überraschend, dass das Land die fünftgrößte Zahl an in Unternehmen beschäftigten Forschenden aufweist (262 000) und damit zwar hinter China, den Vereinigten Staaten, Japan und Korea, aber vor Frankreich (189 000) und Italien liegt (78 000). Die Anzahl der vollzeitäquivalenten Forschenden

im deutschen Unternehmenssektor entspricht 27 % der gesamten Forschenden des Unternehmenssektors in der Europäischen Union. Der Anteil der Forschenden an der Erwerbsbevölkerung (9,7 %) ist mit Ländern wie Frankreich (10,9 %) und Japan (9,9 %) vergleichbar, aber geringer als in bestimmten südasiatischen und nordeuropäischen Ländern wie Korea (15,2 %), Schweden (14,7 %) und Finnland (14,4 %) (Abbildung 3.5).

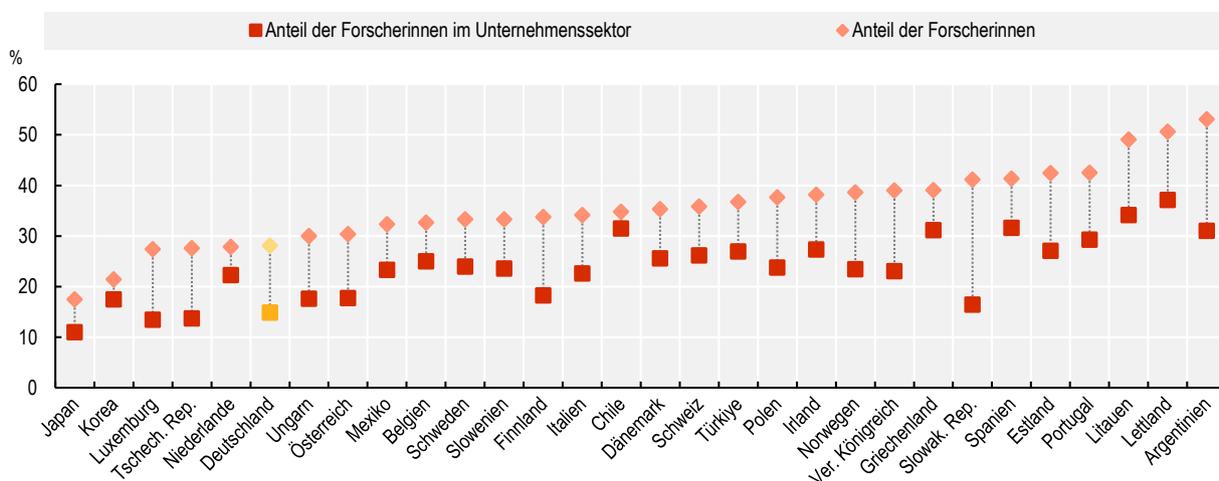
Abbildung 3.5. Maßgebliche Indikatoren für Mitarbeiterkapazitäten in FuE im Verhältnis zur Anzahl der sonstigen Mitarbeitenden im Unternehmenssektor, 2019

Je tausend Beschäftigte insgesamt



Quelle: OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. April 2022).

Abbildung 3.6. Frauen sind in der deutschen Forschung unterrepräsentiert, 2019 oder letztes verfügbares Jahr



Anmerkung. Auf Basis der Kopfzahl; die Daten für Japan, Korea, Mexiko, Portugal, die Slowakische Republik und Türkiye beziehen sich auf das Jahr 2020.

Quelle: OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 6. April 2022).

Hinsichtlich der Teilhabe steht der Forschungssektor vor verschiedenen Herausforderungen, insbesondere was den Anteil von Frauen angeht. Die Schwierigkeiten sind sowohl in der Gesamtbetrachtung – Frauen machen lediglich 28 % der gesamten vollzeitäquivalenten Forschenden aus – als auch innerhalb des Unternehmenssektors (15 %) sichtbar (Abbildung 3.6). Bemerkenswerterweise weisen unter den großen Industrienationen der OECD nur Korea und Japan – zwei Länder mit einem ähnlichen Innovationschwerpunkt im MINT-Bereich (Mathematik, Ingenieurwesen, Naturwissenschaften, Technologie) einen geringeren Frauenanteil als Deutschland auf.

3.2.4. Unternehmensdynamik und Start-ups

Die Unternehmensdynamik hat sich in Deutschland abgeschwächt: Im Gegensatz zum Aufwärtstrend in anderen OECD-Ländern gingen die Unternehmensgründungen, -schließungen und -insolvenzen in den vergangenen Jahrzehnten zurück. Das Wachstumspotenzial deutscher Start-ups und kleinerer Unternehmen wird dabei durch vergleichsweise schlechte Finanzierungsbedingungen in Deutschland gehemmt. Obwohl das Volumen der deutschen Wagniskapitalfinanzierungen in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen hat, liegt es in der OECD-Region nur auf dem sechsten Platz und bleibt damit erheblich hinter entsprechenden Finanzierungen in anderen Volkswirtschaften wie Korea und dem Vereinigten Königreich zurück (siehe die eingehende Erörterung in Kapitel 7). Initiativen der Politik wie der Zukunftsfonds befassen sich ausdrücklich mit diesem Mangel an Förderung, insbesondere in den unterentwickelten zweiten und dritten Phasen des Finanzierungszyklus (ein Überblick über die politischen Programme für Innovation in Unternehmen ist in Kapitel 5 enthalten). Darüber hinaus können mit gezielter öffentlicher Beschaffung auf nationaler und regionaler Ebene Innovationskapazitäten unter kleinen und mittleren Unternehmen sowie Start-ups gefördert werden, wie eingehender in Kapitel 11 erörtert.

3.3. Zwischenergebnisse von Innovation: Patente, Warenzeichen und Veröffentlichungen

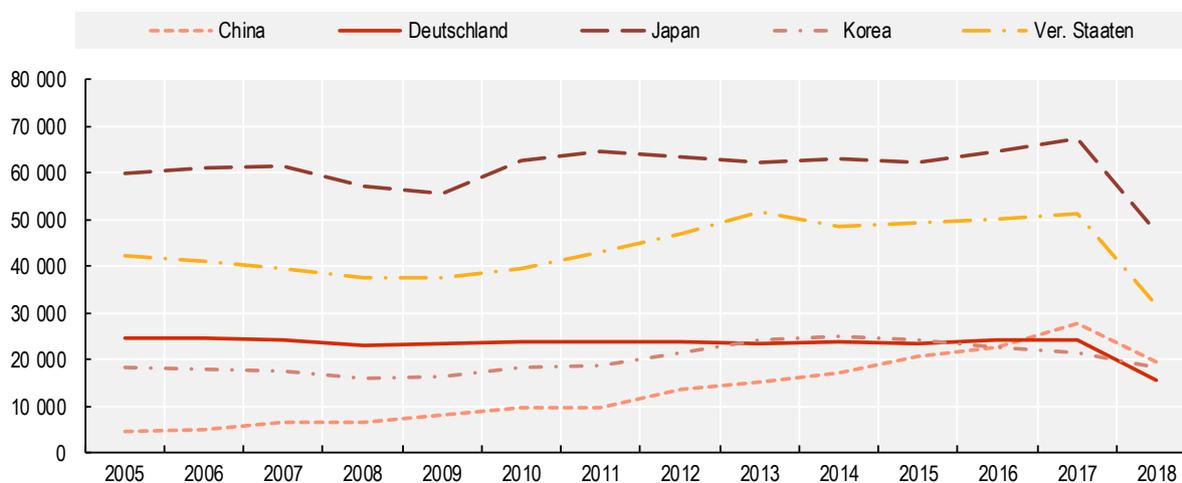
3.3.1. Deutsche Patentanmeldungen im internationalen Kontext

2020 wurden von Deutschland 30 % der PCT-Patentanmeldungen in Europa vorgenommen, der weltweite Anteil betrug 6,7 %. Im Jahr 2018, dem letzten Jahr, für das Vergleichsdaten zur Verfügung stehen, entfiel auf Deutschland der fünftgrößte Anteil von IP5-Patentanmeldungen³, was einen Rückgang gegenüber dem Jahr 2005 darstellte, in dem Deutschland noch den drittgrößten Anteil hielt. Dies ist allerdings nicht das Ergebnis eines Rückgangs deutscher Patentanmeldungen in absoluten Zahlen, sondern geht auf die stärkeren Leistungen von China und Korea zurück.

Bemerkenswerterweise ist die Forschung in Deutschland in hohem Maße internationalisiert, was die globale Ausrichtung der FuE-Aktivitäten deutscher Unternehmen deutlich macht. So machten beispielsweise im Jahr 2018 Ko-Patente 16 % der gesamten Patentanmeldungen aus – ein Anteil, der zwar hinter dem Vereinigten Königreich und Frankreich, aber vor wichtigen Wettbewerbern wie Japan und Korea liegt (OECD, o. J.^[14]). Die Anteile in den Vereinigten Staaten und China sind ebenfalls geringer – was allerdings mit der Größe dieser Volkswirtschaften zusammenhängt. Jedoch ist die Zusammenarbeit auf nationaler Ebene schwächer ausgeprägt als in anderen OECD-Ländern. Beispielsweise beteiligten sich lediglich 20 % der an Innovationen arbeitenden Unternehmen an gemeinschaftlichen Innovationstätigkeiten beliebiger Art, was den viertniedrigsten Anteil in der OECD darstellt; gleichzeitig kann dies z. T. auch als Beleg für die großen internen Forschungskapazitäten dienen, die bei vielen der an Innovationen beteiligten Akteure in Deutschland vorhanden sind. Außerdem beteiligen sich in Deutschland lediglich 8,9 % der innovativen Unternehmen an internationalen Kooperationen in der Forschung, ein niedriger Anteil im Vergleich zu anderen in hohem Maße innovativen – und großen – Ländern wie den Vereinigten Staaten (14,6 %), Frankreich (16,4 %) und dem Vereinigten Königreich (35,9 %).

Abbildung 3.7. Gesamtanzahl der Patentanmeldungen der fünf Länder mit den meisten IP5-Patentanmeldungen, 2005–2018

Nach Prioritätstag

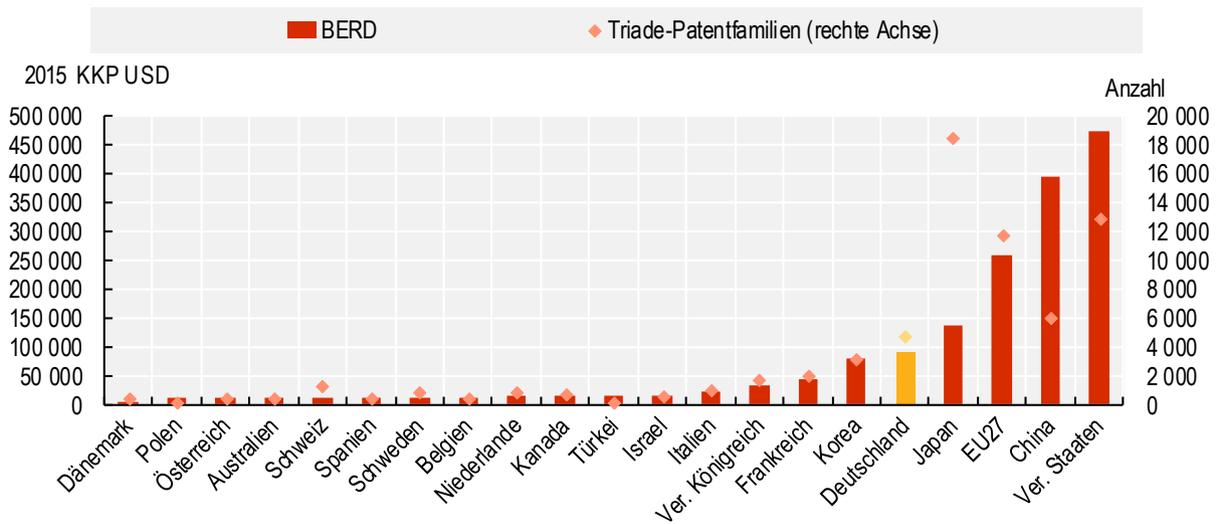


Quelle: OECD (o. J.^[15]), „Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC)“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/data-00508-en> (Abruf: 22. April 2022).

Der auf deutsche Unternehmen entfallende Anteil an Patenten von großem Wert ist größer als der Anteil des Landes an sämtlichen Patenten. Im Jahr 2016, dem letzten Jahr, für das Daten zur Verfügung stehen, entfielen auf Deutschland 9,2 % aller IP5-Patentanmeldungen weltweit, womit das Land nur knapp hinter Korea (9,9 %) und China (10,6 %), aber weit hinter den Vereinigten Staaten (19,2 %) und Japan (28,5 %) liegt (OECD, o. J.^[10]). Bei triadischen Patentfamilien⁴ war der Gesamtanteil Deutschlands im Jahr 2016 etwas geringer (7,8 %), wenngleich hinter Japan (34,7 %) und den Vereinigten Staaten (26 %) immer noch am drittgrößten. Die weltweiten Anteile Deutschlands an triadischen Patenten in hochinnovativen Bereichen wie Umweltmanagement (10 %), Klimaschutztechnologien (10 %), Arzneimittel (5,6 %) und Biotechnologien (5,6 %) sind ebenfalls erheblich (OECD, 2021^[31]). Deutschlands starke Leistung im Patentbereich geht u. a. auf die Wirtschaftsstruktur zurück, da die vorherrschenden Branchen des Landes für den Schutz geistigen Eigentums in erheblichem Maße auf Patente setzen.

Gleichwohl zeigen jüngere Analysen, dass der Anteil Deutschlands an „Weltklassepatenten“, einschließlich jener, die häufig zitiert werden und in mehreren Märkten angemeldet sind, in den vergangenen zwei Jahrzehnten ebenfalls geringer geworden ist.

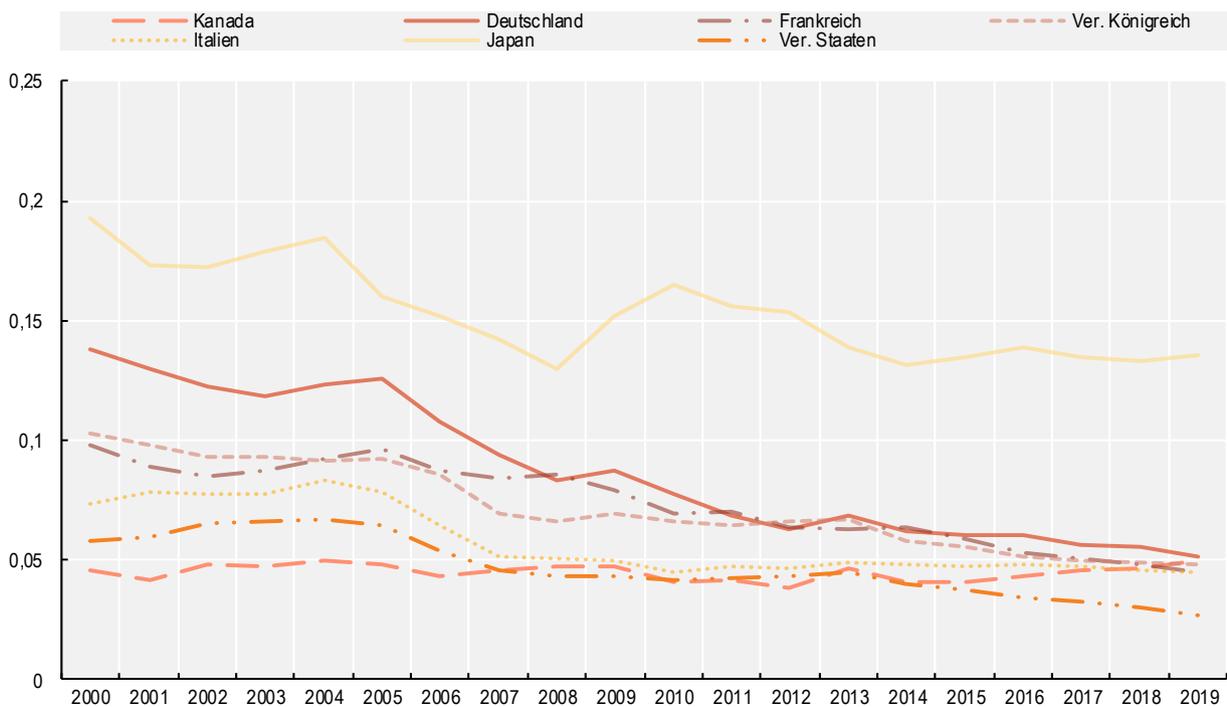
Abbildung 3.8. FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors und triadische Patentanmeldungen, 2018



Anmerkung. Daten beziehen sich auf Prioritätsjahr.

Quelle: OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (Datensatz), <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. April 2022).

Abbildung 3.9. Triadische Patente pro Million USD an FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors, 2000–2018



Anmerkung: Prioritätsjahr.

Quelle: OECD-Berechnungen basierend auf OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (Datensatz), <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. April 2022).

Die rückläufige Entwicklung bei der Anmeldung triadischer Patente, die in mehreren führenden Volkswirtschaften zu beobachten ist, sowie der sinkende Anteil an häufig zitierten Patenten sind Hinweise auf nachlassende technologische Erträge aus der FuE des Unternehmenssektors. Gemäß einer jüngeren Studie hat der Beitrag deutscher Innovationsträger zu den 10 % der am meisten angeführten Patente über 58 bedeutende Technologiebereiche hinweg in den vergangenen zwei Jahrzehnten abgenommen, wenngleich das aktuelle Niveau im internationalen Kontext nach wie vor hoch ist (Breitinger, Dierks und Rausch, 2020^[16]). Im Jahr 2010 befand sich Deutschland bei Weltklassepatenten noch in 47 von 58 Technologiebereichen unter den drei führenden Nationen; bis 2019 sank diese Zahl allerdings auf 22 Technologiebereiche. Diese Entwicklung betrifft auch die traditionelle deutsche Stärke des Verarbeitenden Gewerbes, wo häufig zitierte Patente zunehmend aus ostasiatischen Ländern stammen. Parallel dazu hat sich die technologische Produktivität – gemessen an der Anzahl der triadischen Patente je Milliarde US-Dollar an von deutschen Anmelder*innen eingeworbenen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor (bei konstanten Preisen) – im Zeitraum von 2000 bis 2019 halbiert.

Insgesamt hat also die Fähigkeit Deutschlands, hochwirksame technologische Innovationen hervorzubringen, trotz steigender Investitionen in FuE abgenommen. Ein ähnlicher – aber weniger steiler – Abwärtstrend ist bei FuE im Unternehmenssektor im Vereinigten Königreich und in Frankreich zu beobachten. Im Gegensatz dazu verzeichnet Korea eine stabilere Entwicklung, und Japan führt die Gruppe dieser fünf Vergleichsländer bei der Anzahl der hervorgebrachten triadischen Patente je Milliarde US-Dollar an FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor an.

3.3.2. Deutsche wissenschaftliche Veröffentlichungen im internationalen Kontext

Deutschland ist ein Hauptproduzent hochwertiger wissenschaftlicher Forschung und Veröffentlichungen. Was Forschungsergebnisse in den obersten 10 % der weltweit am häufigsten zitierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften betrifft, haben zwar China (20,7%), die Vereinigten Staaten (20,5%) und das Vereinigte Königreich (5,2 %) unter den obersten 10 % der am häufigsten zitierten Veröffentlichungen die höchsten Anteile, doch auch der Beitrag Deutschlands (4,4 %) ist nicht unbedeutend. Die hohe Anzahl wissenschaftlicher Publikationen des deutschen WTI-Systems unterstreicht sowohl den Erfolg der deutschen Förderinstitutionen und Programme für hochwertige Forschung als auch den enormen Wissensschatz, auf den Innovationsträger*innen des Landes zurückgreifen können.

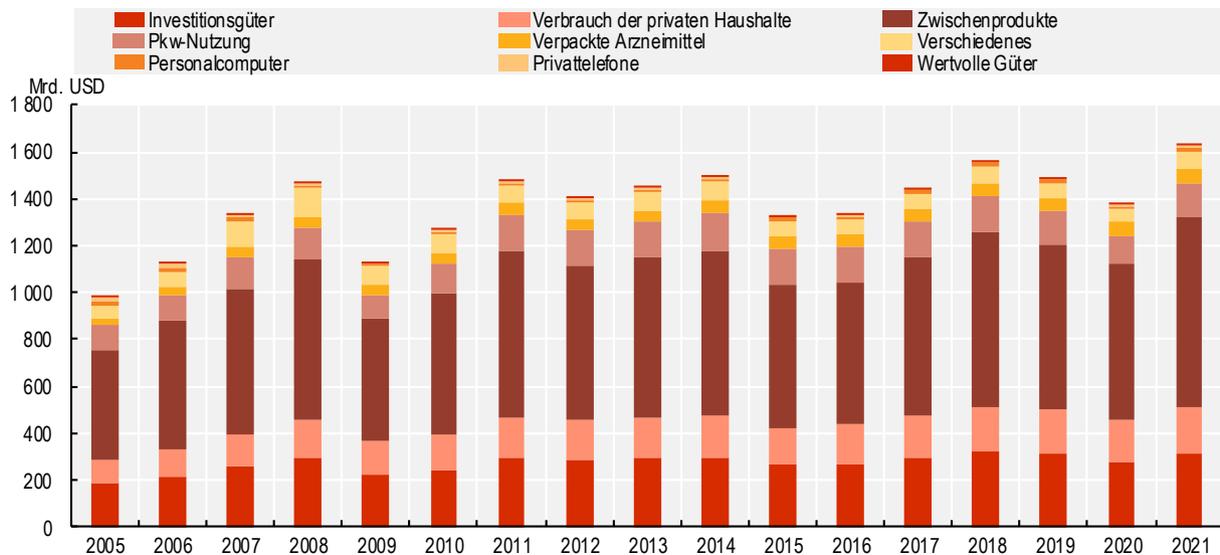
Bei Beiträgen zu hochwertiger wissenschaftlicher Literatur schneidet Deutschland in denjenigen Bereichen gut ab, die die sektoralen Stärken seines Innovationssystems abbilden, wie auch auf Gebieten, die sich weniger klar den zentralen Kompetenzen bestimmter Sektoren oder Branchen zuordnen lassen. Deutschland zählt zu den zehn Ländern, die am meisten zu hochwertiger wissenschaftlicher Literatur verschiedener akademischer Disziplinen beitragen. So schneidet Deutschland in traditionellen MINT-Bereichen wie Ingenieurwesen (10,2 % – weltweit der fünfte Platz), Informatik (11,5 % – sechster Platz) und Materialforschung (9,5 % – achter Platz), aber auch in den Geistes- (12,6 % – fünfter Platz) und Sozialwissenschaften (12,6 % – vierter Platz) gut ab. Das breite Spektrum dieser wissenschaftlichen Kompetenzen verdeutlicht die große Vielfalt an wissenschaftlichem Wissen und Fachkenntnissen, die im deutschen Innovationssystem zur Verfügung stehen.

3.4. Indikatoren der Innovationsergebnisse und -qualität auf der Basis der Exportleistung

Die starke Innovationsleistung Deutschlands trägt dazu bei, dass sich die Wirtschaft des Landes trotz erheblich höherer Personalkosten als in vielen Entwicklungsländern vor allem auf Exporte stützen kann. In absoluten Zahlen liegt Deutschland beim internationalen Handel mit Gütern und Dienstleistungen unter den OECD-Ländern auf Platz zwei hinter den Vereinigten Staaten – und der Anteil deutscher Exporte am BIP (47 %) lässt die anderen G7- und G20-Staaten weit hinter sich. Im Vergleich zu anderen großen und

industrialisierten Volkswirtschaften hat der Außenhandel für Deutschland demnach eine besonders hohe Bedeutung. Ein Hauptbestandteil der deutschen Exporte sind Investitionsgüter und Zwischenprodukte des Verarbeitenden Gewerbes, mit denen das Land einen bedeutenden Beitrag zur Globalwirtschaft leistet (Abbildung 3.10).

Abbildung 3.10. Deutsche Warenexporte, 2005–2020



Quelle: OECD (o. J.^[11]), „STAN Bilateral trade database by industry and end-use category, ISIC Rev. 4“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/data-00691-en> (Abruf: 22. April 2022).

Deutschlands großes Ausfuhrvolumen ist das Ergebnis eines komplexen und innovativen Exportwarenkorbs, zu dem viele deutsche Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes hochwertige und technologisch fortgeschrittene Produkte beitragen. Die Komplexität dieses Warenkorbs – gemessen an der Vielfalt und dem hohen Entwicklungsstand der Exporte – zeugt von den Kompetenzen der deutschen Industrieproduktion und damit letztlich von ihren Innovationskapazitäten. Mit dieser Komplexität, die die Vielfalt der ausgefeilten und innovativen Exporterzeugnisse Deutschlands widerspiegelt, liegt das Land unter den G7-Staaten auf Platz 2 und weltweit auf Platz 4.

Auch Deutschlands Anteil an weltweit führenden Innovationsunternehmen verdeutlicht seine starke Position im Innovationsbereich: Das Land besitzt nach den Vereinigten Staaten (775), China (536) und Japan (309) die viertgrößte Gruppe der führenden Innovationsunternehmen (Europäische Kommission, 2020^[17]). Unter den 2 500 führenden FuE-Investoren weltweit befinden sich 124 deutsche Unternehmen (2020) – nahezu doppelt so viele wie in Frankreich (69), dem nächsten EU-Land in der Rangliste; die Investitionen selbst sind sogar fast dreimal so hoch (89 Mrd. EUR für Deutschland, 33 Mrd. für Frankreich) (Europäische Kommission, 2020^[17]). Innerhalb Europas hat nahezu jedes vierte hochinnovative Unternehmen seinen Sitz in Deutschland. Im Jahr 2020 befanden sich unter den 25 Firmen mit den meisten Patentanmeldungen beim EPA vier deutsche Konzerne – Siemens (sechster Platz), Robert Bosch (siebter Platz), BASF (zehnter Platz) und Continental (24. Platz); dies war der größte Anteil in der Europäischen Union (EU28) (EPA, 2021^[18]). Innerhalb Deutschlands verzeichneten im Jahr 2020 die folgenden Unternehmen die meisten PCT-Patentanmeldungen: Robert Bosch (4 033 Anmeldungen), Schaeffler Technologies (1 907) und BMW (1 874) (DPMA, o. J.^[19]). Die meisten deutschen Anmeldungen beim EPA reichten Robert Bosch (1 516 Anmeldungen), Siemens (1 416) und BASF (1 188) ein.

Trotz ihrer Erfolge erweisen sich deutsche Unternehmen auf den Finanzmärkten im Vergleich zu bedeutenden Innovationsträgern in mehreren anderen OECD-Ländern als nur bedingt attraktiv: Die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen betrug im Jahr 2018 insgesamt 44,1 % des BIP und lag damit zwar nur geringfügig unter dem Durchschnitt der Eurozone (54,5 %), aber deutlich hinter anderen führenden OECD-Ländern wie Korea (82,0 %), Japan (105,2 %) und den Vereinigten Staaten (147,7 %) (Weltbank, 2022^[20]). Dies gilt auch für die Aktienwerte börsennotierter Unternehmen, wo Deutschland unter den G7-Staaten 2018 nur den vorletzten Platz erreichte (OECD, o. J.^[21]).

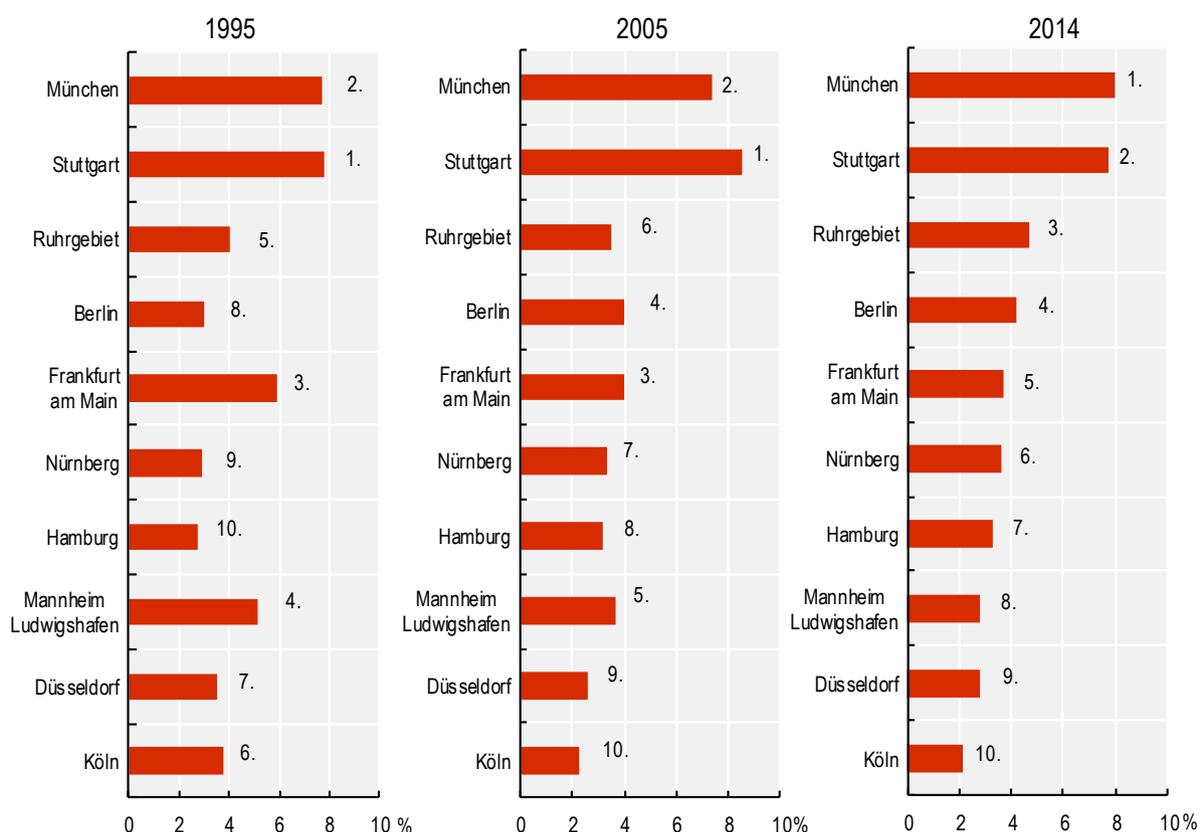
3.5. Regionale und Branchenstruktur von Innovationen

3.5.1. Regionale Struktur

Im Bereich der Patentanmeldungen treten in Deutschland zwar regionale Abweichungen auf, die geografische Konzentration auf Ballungsgebiete ist allerdings weniger ausgeprägt als in anderen OECD-Ländern: Wie aus Abbildung 3.11 ersichtlich, weist Deutschland eine geringere geografische Konzentration in den führenden 10 %, 5 % und 1 % der Städte auf als wichtige Vergleichsländer wie Japan, die Vereinigten Staaten, das Vereinigte Königreich und Frankreich (Paunov et al., 2019^[22]).

Abbildung 3.11. Reihenfolge und Anteile der zehn Städte mit den meisten Patentanmeldungen, Deutschland, 1995, 2005 und 2014

Anteil der Patentanmeldungen Deutschlands



Anmerkung: Die ausgewählten Städte – funktionale Stadtgebiete – entsprechen den zehn Städten mit den meisten Patentanmeldungen im Jahr 2014.

Quelle: Paunov et al. (2019^[22]), <https://doi.org/10.1787/f184732a-en>.

Bei einigen Technologiefeldern zeigt sich allerdings eine stärkere geografische Konzentration, vermutlich weil sich in diesen Fällen das spezialisierte Fachwissen auf nur wenige Forschungseinrichtungen und Industrieakteure verteilt. Beispielsweise tritt die stärkste geografische Konzentration bei den Patentanmeldungen für digitale Technologien und Biotechnologie auf: 2010 bis 2014 wurden 41 % der Patente im Bereich digitaler Technologien und 45 % der Patente für Biotechnologie in den führenden 10 % der Städte angemeldet, während der Durchschnitt sämtlicher Technologiefelder im selben Zeitraum niedriger lag (Paunov et al., 2019^[22]). Pro 100 000 Einwohner verzeichneten die 3 führenden Regionen 122 (Baden-Württemberg), 90 (Bayern) und 37 (Niedersachsen) Anmeldungen, am anderen Ende der Rangliste kamen Mecklenburg-Vorpommern auf 6, Sachsen-Anhalt auf 7 und Berlin auf 14 Anmeldungen (DPMA, o. J.^[19]). Kapitel 16 enthält weitere Einzelheiten zu der regionalen Verteilung deutscher Innovationen.

Die industrielle Basis Deutschlands mit ihrem Schwerpunkt in der Fertigungsindustrie (insbesondere Fahrzeugbau, Maschinenbau und Elektrotechnik) ist in den südlichen Bundesländern beheimatet. In Bayern sind Unternehmen wie Airbus, Audi und BMW, in Baden-Württemberg neben vielen Mittelstandsunternehmen auch Bosch, Daimler und Porsche ansässig. Mit den weltweit tätigen Versicherungsunternehmen Allianz und Munich RE verfügt Bayern außerdem über eine gut entwickelte Dienstleistungsbranche, während in Baden-Württemberg SAP, eines der wenigen weltweit führenden Software-Unternehmen Deutschlands, beheimatet ist. Des Weiteren haben sich beide Bundesländer zu starken Forschungs- und Innovationszentren entwickelt: In Baden-Württemberg befinden sich 70 Einrichtungen der höheren Bildung und zahlreiche Institute der Fraunhofer- und Max-Planck-Gesellschaften, während in Bayern annähernd 40 Einrichtungen der höheren Bildung und mehr als 20 Forschungszentren angesiedelt sind (GTAI, o. J.^[23]). Das an der Grenze zu Frankreich und Luxemburg gelegene Saarland ist Knotenpunkt für Logistik und Transport mit mehr als 150 Unternehmen, weitere Cluster, z. B. Start-ups im Bereich IT, entstehen derzeit in der Region. Als Standort von Unternehmen wie Opel, Rolls-Royce, Jenoptik, Bosch und Zeiss ist in Thüringen umfassendes Fachwissen in den Bereichen Herstellung optischer Linsen, Medizin- und Biotechnologie, Photovoltaik und Softwareentwicklung verfügbar. In Rheinland-Pfalz – geprägt durch Mittelstandsunternehmen und „Hidden Champions“, aber auch die Heimat von BASF – sind die chemische und pharmazeutische Industrie, die Automobilbranche, die Metall- und Maschinenbauindustrie und die Lebensmittelindustrie stark vertreten. Der Flughafen Frankfurt am Main bringt ausländische Investoren nach Hessen und sorgt für die internationale Anbindung des Bundeslands mit Schwerpunkten rund um Digitalisierung und Daten, im Privatsektor ebenso wie in der Forschung. Das vor allem für die Entwicklung eines Covid-19-Impfstoffs bekannte Unternehmen BioNTech mit Sitz in Mainz war in der jüngeren Vergangenheit ein Hauptmotor des Wachstums. Nordrhein-Westfalen ist das bevölkerungsreichste Bundesland Deutschlands und ein beliebtes Ziel für ausländische Investoren. 70 Universitäten und Fachhochschulen sowie 110 Technologiezentren und außeruniversitäre Forschungsinstitute bilden dort das dichteste Forschungsnetzwerk in Europa (ebd.).

Die Stärken norddeutscher Industrie stehen in vielen Fällen im Zusammenhang mit der Nord- und Ostsee: Bedeutende Schiffbauunternehmen, Hafenbetreiber sowie Unternehmen für Seehandel und internationalen Güterverkehr sind in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hamburg angesiedelt. In Niedersachsen sind außerdem die Automobilbranche (mit Volkswagen und Continental) genauso wie die Reise- und Tourismusbranche (TUI Group) stark verwurzelt; wegen seiner 35 Häfen ist in Niedersachsen neben dem Güterverkehr auch der Schiffbau prominent vertreten. In dem Bundesland werden internationale Handelsmessen ausgerichtet und es finden sich dort 30 Einrichtungen der höheren Bildung. Schleswig-Holstein erlebt starkes Wachstum im Bereich erneuerbare Energien; das Bundesland ist Heimat des Fraunhofer-Instituts für Siliziumtechnologie und des IZET Innovationszentrums sowie führender Unternehmen der Medizinbranche wie Dräger und Johnson & Johnson Medical. Der Hamburger Hafen ist der zweitgrößte Hafen Europas und eine Logistikkreuzung. Hamburg ist außerdem ein Zentrum für die Luft- und Raumfahrt und besitzt eine vielfältige Dienstleistungsbranche in den Bereichen Medien, Marketing, IT und Lebenswissenschaften. Bremen, ebenfalls eine Hafenstadt, hat seine Stärken in der maritimen Wirtschaft, in Logistik, Windkraft und der Lebensmittelindustrie; außerdem sind in Bremen neben der Automobilbranche (Mercedes-Benz) und der Luftfahrtbranche (Airbus) mit dem

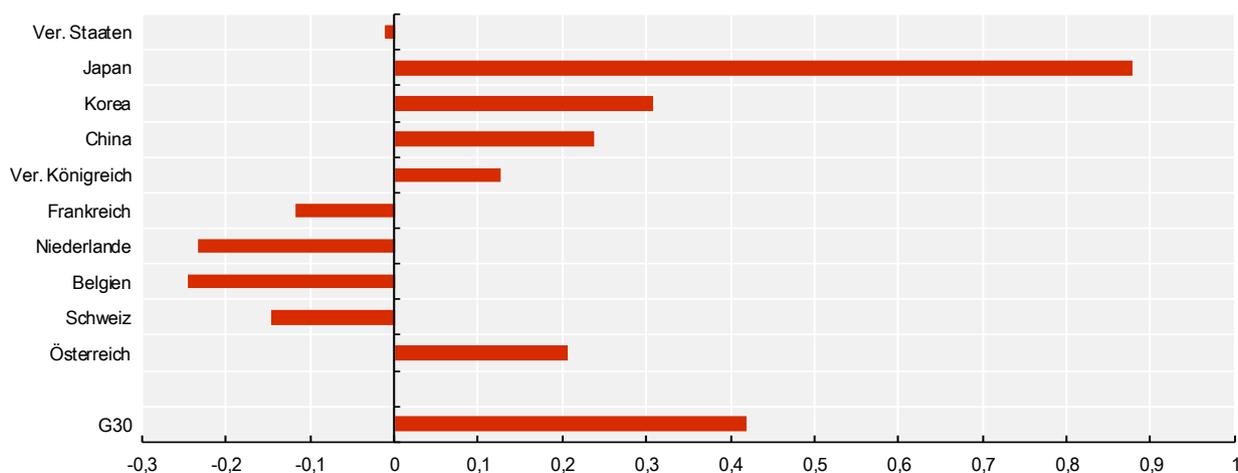
Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz auch die Digital- und die IT-Dienstleistungsbranche vertreten (ebd.).

Berlin ist zwar kein industrielles Zentrum mehr, aber in der Bundeshauptstadt haben zahlreiche weltweit und national führende Unternehmen Niederlassungen eröffnet. Die Stärken der Stadt liegen hauptsächlich in den Bereichen Medien, Mode, Musik, Dienstleistungen, IT und Gesundheitswesen, aber auch in der Bio-, Medizin-, Umwelttechnologie sowie im Bereich Optik. In Berlin entstehen außerdem immer mehr Start-ups und die Stadt hat 18 Einrichtungen der höheren Bildung sowie 250 Forschungsstätten zu bieten, darunter Deutschlands größtes Wissenschafts- und Technologiezentrum in Adlershof. Das Bundesland Brandenburg dient dank seiner Nähe zu Berlin und seiner zentralen Position in Europa als Knotenpunkt des Wirtschaftsverkehrs. Wirtschaftliche Schwerpunkte in Sachsen-Anhalt sind die chemische Industrie und Biotechnologie, außerdem sind in dem Bundesland Automobilzulieferer ansässig und es ist ein Zentrum für die Kunststoffherstellung und -verarbeitung sowie Standort von 2 Universitäten, 12 Akademien und 22 Forschungseinrichtungen. In Sachsen konzentriert sich die Forschung auf Leichtbau, Energiespeicher-, Automatisierungstechnologien und die Zukunft der Mobilität, während die industriellen Stärken in den Bereichen Maschinenbau und Mikroelektronik/IKT liegen; die Logistikbranche ist dort ebenfalls ein starker Wirtschaftsmotor (ebd.).

3.5.2. Branchenstruktur

Im internationalen Vergleich ähnelt Deutschland hinsichtlich der sektoralen Zusammensetzung der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor vor allem Japan: Der Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Ländern bezüglich der Anteile an 12 Branchen beträgt 0,88 (Abbildung 3.12). Auch mit Korea, China und Österreich bestehen Ähnlichkeiten, große Unterschiede ergeben sich jedoch beim Vergleich mit westeuropäischen Nachbarländern (Niederlande, Belgien, Frankreich und Schweiz). Der Korrelationskoeffizient Deutschlands mit den G30-Staaten von 0,42 sollte im Kontext der entsprechenden Zahlen für China (0,52), Japan (0,72), die Vereinigten Staaten (0,72) und Korea (0,83) betrachtet werden, die nahelegen, dass die deutsche Branchenkonzentration der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor einen Sonderfall unter den großen Industrienationen darstellt.

Abbildung 3.12. Internationale Ähnlichkeiten der Branchenstruktur von FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors, 2017



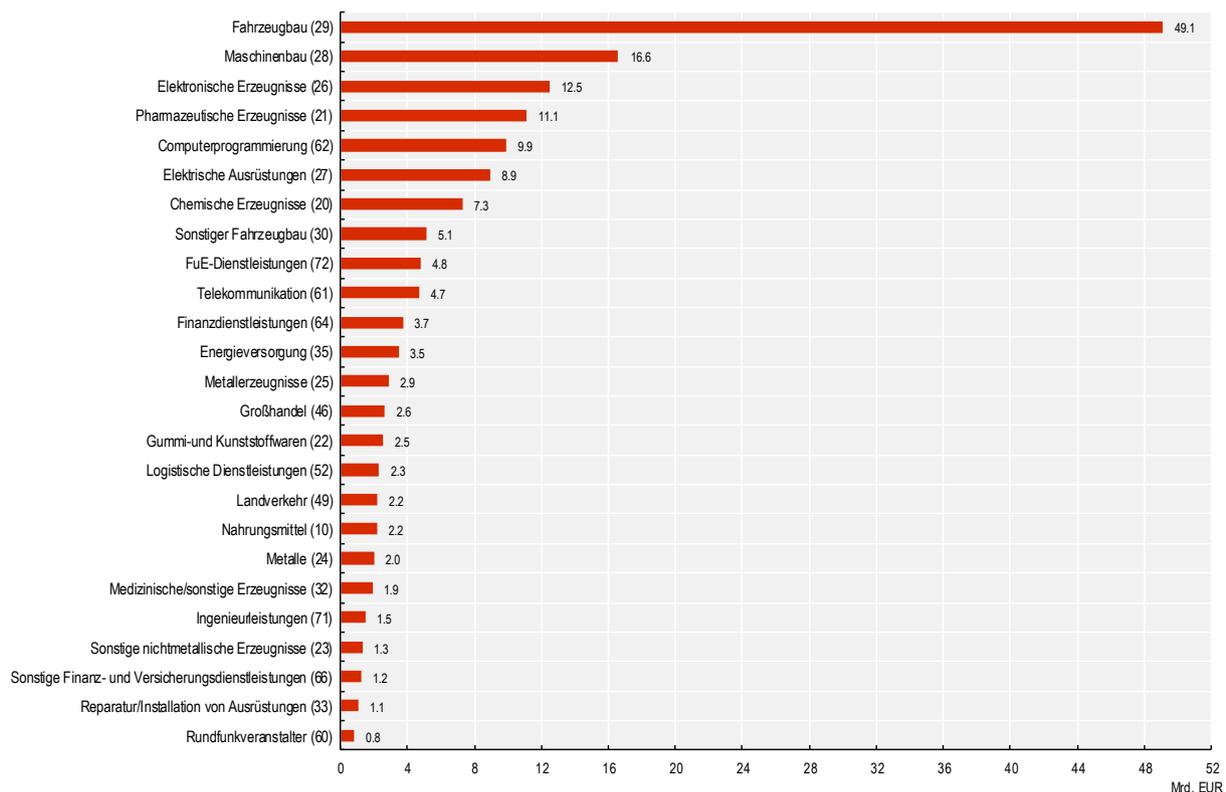
Anmerkung: Die folgenden Branchenkategorien wurden berücksichtigt: Automobilbranche, Maschinenbau, Unternehmensdienste, Elektrogeräte, Werkstoffe, FuE-Dienstleistungen, Pharmabranche, Elektronik, sonstige Fahrzeuge, Internet- und Kommunikationsdienste, sonstiges Verarbeitendes Gewerbe und sämtliche andere Sektoren. Die Daten für Korea beziehen sich auf 2015, die Daten für das Vereinigte Königreich auf 2016.

Quelle: OECD (2022^[24]), *OECD Research and Development Expenditure in Industry 2018: ANBERD*, <https://doi.org/10.1787/anFuE-Ausgaben-im-Unternehmenssektor-2018-en> (Abruf: 22. April 2022).

Deutschlands FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor konzentrieren sich auf eine begrenzte Anzahl von Sektoren und Branchen, wobei die Aufwendungen für Innovation im Verarbeitenden Gewerbe auf einem besonders hohen Niveau liegen. Im Jahr 2017, dem letzten Jahr, für das branchenbezogene Daten zur Verfügung stehen, wurden 85 % der gesamten intramuralen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor im Verarbeitenden Gewerbe getätigt, ein erheblich höherer Anteil als in den Vereinigten Staaten (64 %) und in europäischen Ländern wie dem Vereinigten Königreich (41 %), Frankreich (49 %), den Niederlanden (57 %) und der Schweiz (70 %).

Nationale Statistiken zu Aufwendungen für Innovation umfassen sämtliche (intramurale und extramurale) FuE-Aufwendungen sowie den Aufwand für die Umsetzung von Innovationen wie die Anschaffung von Maschinen und Ausrüstung, Schulungen, Marketing und Design. Zwischen 2017 und 2019 betrug die deutschen Aufwendungen für Innovation in jedem der drei Jahre 172 Mrd. EUR. Auf den Fahrzeugbau entfielen davon 28,5 % (49,1 Mrd. EUR), gefolgt vom Maschinenbau (9,6 % bzw. 16,6 Mrd. EUR). Andere im Hinblick auf ihre Aufwendungen für Innovation bedeutende Branchen waren die Elektronikbranche, die Pharmaindustrie, die Bereiche Computerprogrammierung und elektrische Ausrüstungen sowie die Chemiebranche (Abbildung 3.13).

Abbildung 3.13. Die 25 Branchen in Deutschland mit den höchsten Aufwendungen für Innovation, (NACE-Klassifikation, zweistellige Ebene), 2017–2019



Anmerkung: NACE: Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft. Schlüssel der NACE-Klassifizierung in Klammern.

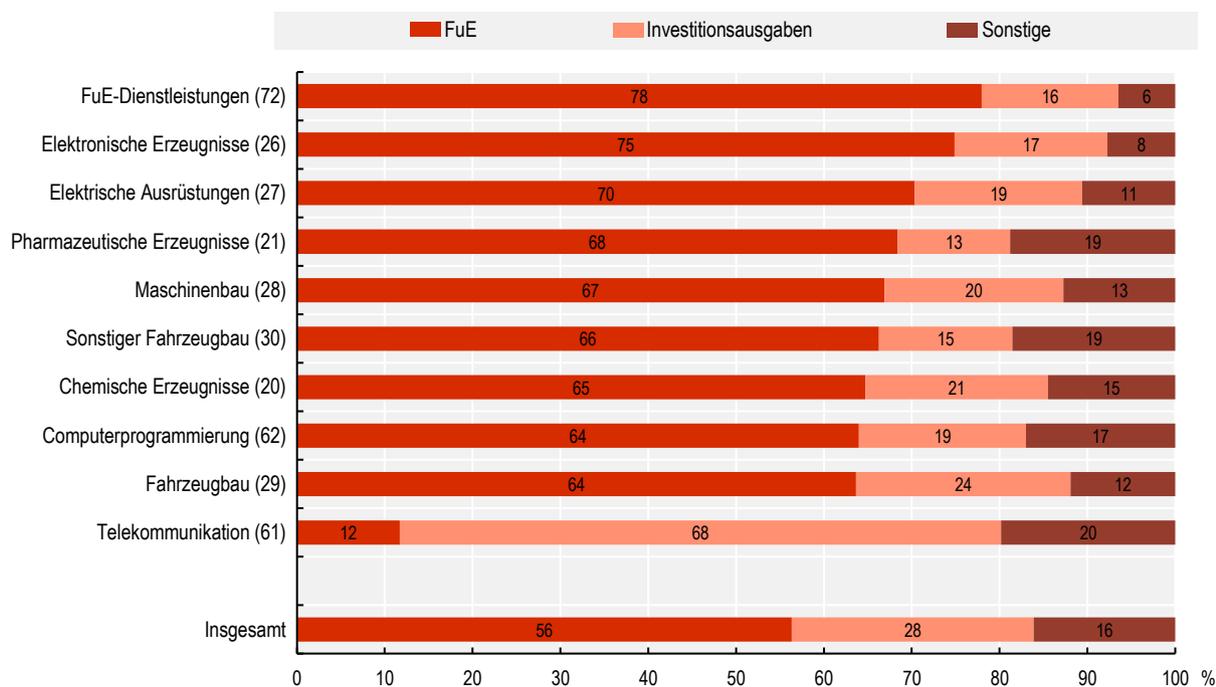
Quelle: Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW, 2020_[25]). „Innovation in der deutschen Wirtschaft“. https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/20/mip_2020.pdf?v=1616141836 (Abruf: 23. April 2022).

Die Rangfolge der Branchen nach Innovationsaufwendungen stimmt in hohem Maße mit der Rangfolge nach FuE-Aufwendungen überein, da in den meisten Branchen mit hohen Ausgaben für Innovationen

diese Mittel vornehmlich in FuE fließen. Während durchschnittlich 56 % aller Innovationsaufwendungen im deutschen Unternehmenssektor FuE betreffen, wenden die Branchen, die besonders stark in Innovationen investieren, sogar zwischen 64 % und 78 % für FuE auf (Abbildung 3.14). Die einzige Ausnahme bildet die Telekommunikationsbranche, in der zwei Drittel der Aufwendungen für Innovation investive Ausgaben für materielle oder immaterielle Vermögenswerte darstellen. Der FuE-Anteil an den Innovationsausgaben der Automobilbranche ist aufgrund ihrer hohen investiven Aufwendungen im Vergleich zu den anderen Branchen mit hohen Aufwendungen für Innovationen geringer (24 % bzw. 12 Mrd. EUR pro Jahr im Zeitraum von 2017 bis 2019).

Innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes bestehen bei den FuE-Ausgaben eindeutige Branchenschwerpunkte. So entfielen im Jahr 2017 beispielsweise 37,3 % der gesamten FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor auf die Automobilbranche, ein globaler Spitzenwert unter den Ländern, für die branchenweite FuE-Daten zur Verfügung stehen. Die sektorale Zusammensetzung der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor ist der Japans erstaunlich ähnlich: In Japan entfällt die zweithöchste Konzentration der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor (25,9 %) auf die Automobilbranche. Dies unterstreicht die ähnlich wichtige Rolle des Verarbeitenden Gewerbes in der japanischen Wirtschaft; dementsprechend beträgt der Korrelationskoeffizient des Anteils der zwölf Branchen mit den höchsten FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor für Deutschland und Japan 90 %. In anderen größeren Volkswirtschaften mit bedeutender Automobilindustrie sind die Anteile der Branche an den gesamten FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor deutlich geringer; dafür konzentrieren sich diese Ausgaben teilweise in anderen für die digitale Transformation bedeutenden Wirtschaftszweigen (z. B. in der Elektronikbranche in Korea). Unter den OECD-Ländern hat die Automobilbranche der Slowakischen Republik nach der deutschen den zweithöchsten Anteil an den FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor (35,5 %).

Abbildung 3.14. Art der Aufwendungen für Innovationen in den zehn deutschen Branchen mit den höchsten Innovationsausgaben, 2017–2019



Quelle: ZEW (2020^[25]). „Innovation in der deutschen Wirtschaft“. https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/20/mip_2020.pdf?v=1616141836

Die Automobilbranche ist der Haupttreiber des Wachstums der Aufwendungen für Innovation in Deutschland. Sie war zwischen dem Ende der weltweiten Finanzkrise im Jahr 2008 und dem Jahr 2019 für mehr als 40 % des gesamten Anstiegs der Innovationsausgaben verantwortlich. Der gleitende Dreijahresdurchschnitt des Wachstums der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor betrug in diesem Zeitraum 1,9 %. Mehr als 40 % dieses Gesamtanstiegs kann der Automobilbranche zugerechnet werden, die nicht nur die FuE-Aufwendungen erhöhte, sondern auch die investiven Aufwendungen (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von +2,3 %) und sonstigen Aufwendungen (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von +3,8 %). Erheblich zum Anstieg beitragen haben u. a. auch die Pharmaindustrie, der Bereich Computerprogrammierung, der Maschinenbau und die Elektrogeräteindustrie. Die Dynamik der Automobilbranche als eine im Vergleich mit anderen Branchen deutlich ergiebiger Quelle von FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor und als wesentlicher Motor der Ausweitung dieser Aufwendungen in der deutschen Wirtschaft bringt weiter gefasste wirtschaftspolitische Herausforderungen hinsichtlich der Innovationsausgaben im Land mit sich; diese ergeben sich aus den Verbindungen des Sektors zu Wissenschaft und Forschung und aus seinen Beiträgen zu Wachstum und Erwerbsbeschäftigung.

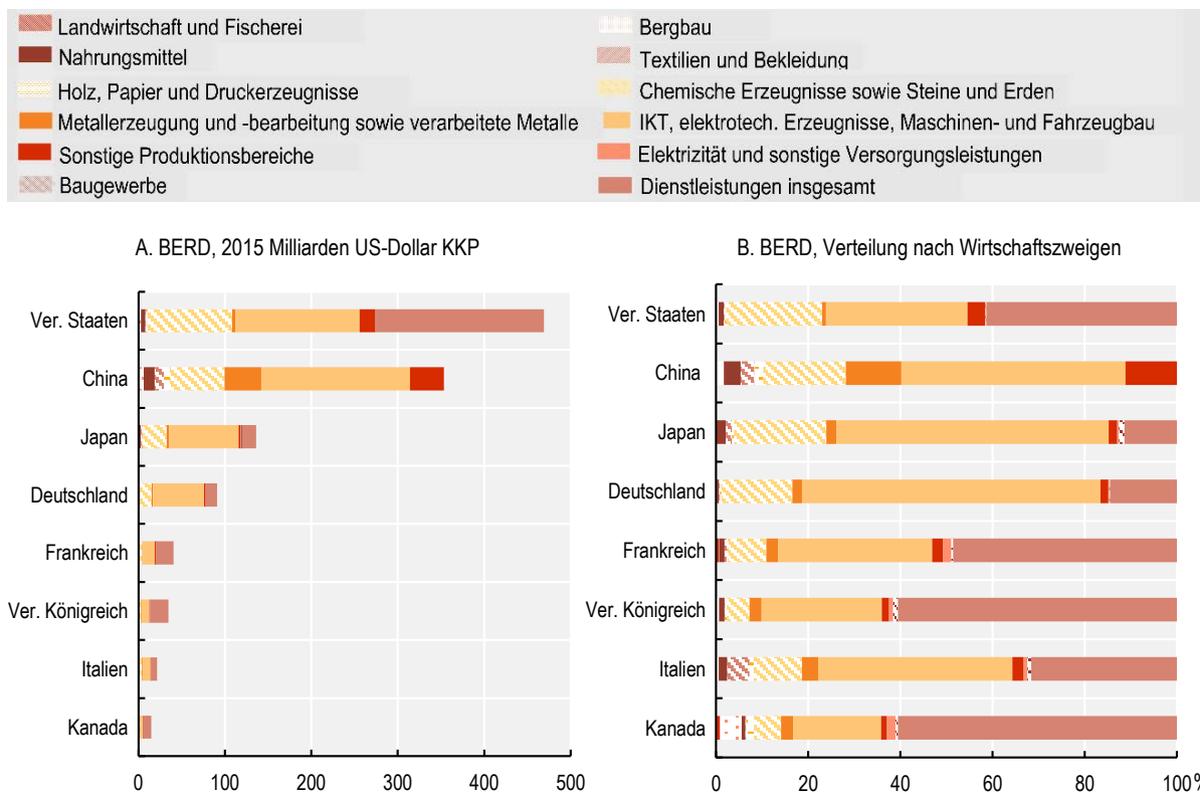
Angesichts der Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes und insbesondere der Automobilbranche für die deutsche Wirtschaft ist die wichtige Rolle dieser Wirtschaftszweige auch im Innovationssystem des Landes vielleicht keine Überraschung. Ungefähr 85 % aller intramuralen FuE werden durch Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes erbracht, was weit über dem entsprechenden Anteil in vergleichbaren Volkswirtschaften wie den Vereinigten Staaten (64 %) und Frankreich liegt (49 %). Im Jahr 2019 wurden 53 % der deutschen FuE-Aufwendungen in der Automobilbranche getätigt – dieser Betrag entspricht 24 % der weltweiten FuE-Ausgaben dieser Industrie. Keine andere große Industrienation weist in irgendeiner Branche eine vergleichbare sektorale Konzentration von Innovationsförderung und Innovationskapazitäten auf (Europäische Kommission, 2020_[17]). Vier der zehn bei FuE-Aufwendungen weltweit führenden Automobilunternehmen – Volkswagen (erster Platz), Daimler (zweiter Platz), BMW (sechster Platz) und Bosch (siebter Platz) – stammen aus Deutschland (Europäische Kommission, 2020_[17]).

Doch im Innovationssystem Deutschlands ist die Automobilbranche bei weitem nicht der einzige bedeutende Bereich des Verarbeitenden Gewerbes und industrielle Akteur. Im Jahr 2018, dem letzten Jahr, für das Vergleichsdaten zur Verfügung stehen, trugen auch die Elektronikbranche (11,4 %), der Maschinenbau (9,9 %) sowie die Chemie- (7,2 %) und die Pharmaindustrie (5,8 %) in wesentlichem Maße zu den gesamten FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor bei (OECD, o. J._[10]). Während diese Zahlen im Vergleich zum Beitrag der Automobilbranche niedrig sind, sind sie nominal durchaus von Bedeutung (8,3 Mrd. EUR in der Elektronikbranche, 7,1 Mrd. EUR im Maschinenbau, 5,2 Mrd. EUR in der Chemie- und 4,1 Mrd. EUR in der Pharmabranche). Sie sind außerdem erheblich höher als in anderen im Innovationsbereich führenden Ländern wie Frankreich und Italien. Darüber hinaus sind in diesen Sektoren eine Reihe von Weltmarktführern in Deutschland ansässig, darunter Siemens (an zweiter Stelle bei FuE-Aufwendungen in der Elektronikbranche), Bayer (an achter Stelle in der Pharmabranche), BASF (an erster Stelle in der Chemiebranche) und SAP (an achter Stelle bei Software und EDV-Dienstleistungen) (Europäische Kommission, 2020_[17]). Fünf der zehn Unternehmen, die nicht nur Nettobeiträge zur FuE in der Europäischen Union geleistet, sondern im Jahr 2019 am meisten zum Wachstum von FuE beigetragen haben, stammen aus Deutschland; angeführt werden sie von SAP, dessen Wachstum von 18,6 % im Vergleich zum Vorjahr den stärksten Impuls für einen FuE-Anstieg gegeben hat (Europäische Kommission, 2020_[17]).

Zahlreiche andere Branchen stellen ebenfalls bedeutende Quellen von FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor dar, und zwar auch im internationalen Vergleich (Abbildung 3.15) und nicht nur auf nationaler Ebene (Abbildung 3.16). Im Jahr 2018 beispielsweise beliefen sich die deutschen FuE-Ausgaben der Chemiebranche insgesamt auf 5,2 Mrd. USD. Diese Zahl entspricht dem vierthöchsten Niveau weltweit, deutlich hinter China (23,9 Mrd. USD), den Vereinigten Staaten (9 Mrd. USD) und Japan (8,1 Mrd. USD), innerhalb der Europäischen Union liegt Deutschland damit aber an der Spitze, gefolgt von Frankreich (4 Mrd. USD), Belgien (1,2 Mrd. USD) und Italien (0,7 Mrd. USD). Ähnliche Entwicklungen sind im Maschinenbau zu

beobachten – auch hier leistet die deutsche Branche hinter China (32,6 Mrd. USD), Japan (12,9 Mrd. USD) und den Vereinigten Staaten (12,8 Mrd. USD) den viertgrößten Beitrag (8,9 Mrd. USD) zu den FuE-Ausgaben – sowie in weiteren Sektoren mit hohen FuE-Aktivitäten wie der Elektronikbranche (mit 3,4 Mrd. USD auf dem weltweit vierten Rang) und der Pharmabranche (mit 5,8 Mrd. USD auf dem fünften Rang). Zusammengenommen stellt die breite Auswahl an Sektoren mit hohen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor in Deutschland eine weltweit wettbewerbsfähige und führende Quelle für Innovationstätigkeit im Privatsektor dar, mit wertvollen Wissensbeständen und technologischen Fachkenntnissen.

Abbildung 3.15. Verteilung der FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors nach Branche, 2019 oder letztes verfügbares Jahr



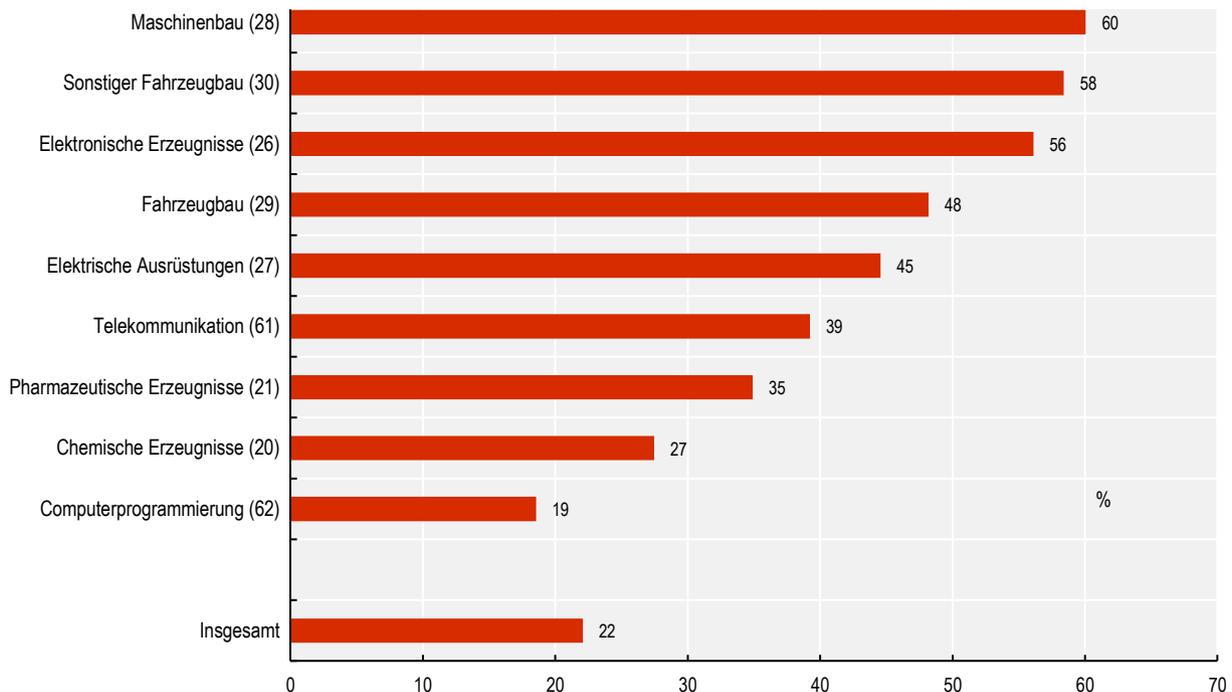
Quelle: OECD (o. J.^[26]), „STAN R&D: Research and development expenditure in industry - ISIC Rev. 4“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00689-de> (Abruf: 13 Juni 2022).

Viele Branchen mit hohen Innovationsaufwendungen haben gemein, dass ein Großteil dieser Aufwendungen auf Investitionen entfällt: Setzt man diesen Teil der investiven Ausgaben (für Sachanlagen, Werke und Ausrüstungen sowie für immaterielle Vermögensgüter, aber ohne FuE-Aufwendungen) ins Verhältnis zum Gesamtbetrag der Investitionsausgaben (ebenfalls unter Ausschluss von FuE-Aufwendungen), wie dieser in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ausgewiesen wird, ergeben sich für manche Branchen hohe Anteile, die von 45 % (Elektrische Ausrüstungen), 48 % (Automobilbranche) bis zu 56 % oder gar 60 % reichen (Elektronik, sonstiger Fahrzeugbau, Maschinenbau). In der Pharmabranche (35 %) und der Chemiebranche (27 %) sind die Anteile allerdings geringer. Gesamtwirtschaftlich gesehen zielen lediglich 22 % aller investiven Ausgaben auf Innovation ab.

Zahlreiche weitere Branchen in Deutschland haben zuletzt einen überdurchschnittlichen Beitrag zum globalen Wachstum von FuE geleistet, darunter die FuE-Dienstleistungen (16,2 % des weltweiten Anstiegs von FuE-Aufwendungen zwischen den Jahren 2008 und 2017), die Unternehmensdienstleistungen

(12,9 %) und der Maschinenbau (10,0 %). Über alle Branchen hinweg wurde die FuE-Dynamik stark durch China beeinflusst: das Land leistete im gleichen Zeitraum 50 % des Gesamtanstiegs. Der Beitrag Chinas zum Gesamtwachstum der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor reichte von 33 % bis mehr als 100 % im Verarbeitenden Gewerbe und von 11 % bis 47 % in der Dienstleistungsbranche.

Abbildung 3.16. Anteil der investiven Ausgaben für Innovation an den gesamten investiven Ausgaben* in Deutschland, nach Branchen mit den höchsten Innovationsausgaben, 2017–2019



Anmerkung: Investive Ausgaben unter Ausschluss von FuE-Aufwendungen. Bei den Abbildungen handelt es sich ausschließlich um Annäherungen, da die Branchenklassifikation von Aufwendungen für Innovation und von investiven Ausgaben auf der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung basiert.

Quelle: OECD-Berechnungen auf der Grundlage von ZEW (2020_[25]).

Auf Sektorebene war die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der deutschen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor in drei Branchen (Unternehmensdienstleistungen, FuE-Dienstleistungen, sonstiger Fahrzeugbau) höher als das weltweite Wachstum; Deutschland weist außerdem in den meisten anderen Branchen ähnlich hohe Wachstumsraten wie die anderen G30-Staaten auf, darunter in den Informations- und Kommunikationsdiensten, der Pharmabranche und der Elektrogeräteindustrie. In weiteren drei Branchen allerdings liegt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der deutschen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor eindeutig unter den G30-Vergleichswerten: in der Elektronikbranche, der Werkstoffindustrie und im sonstigen Verarbeitenden Gewerbe. Während die Dynamik bei den Werkstoffen und im Verarbeitenden Gewerbe dominiert wird durch die Ausweitung von FuE in der chinesischen Wirtschaft, geht das Wachstum von FuE in der Elektronik auch auf die Leistungen Koreas, Chinesisch Taipehs und der Vereinigten Staaten zurück. Was Deutschland betrifft, legen die niedrige durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (+1,6 %) und der niedrige Anteil an den weltweiten Ausgaben für FuE in der Elektronikbranche (4,3 %) nahe, dass das Land in diesem Bereich nicht über die gleiche globale Präsenz wie andere große OECD-Länder verfügt und insbesondere nicht mit den Volkswirtschaften Ostasiens mithält.

Es ist zudem aufschlussreich, dass viele der Sektoren mit den höchsten FuE-Ausgaben auch bedeutende Beiträge zum Gesamtexportvolumen Deutschlands leisten, was ein weiterer Beleg für den Zusammenhang zwischen Innovation und internationaler Wettbewerbsfähigkeit ist. Im Jahr 2019 produzierte die deutsche

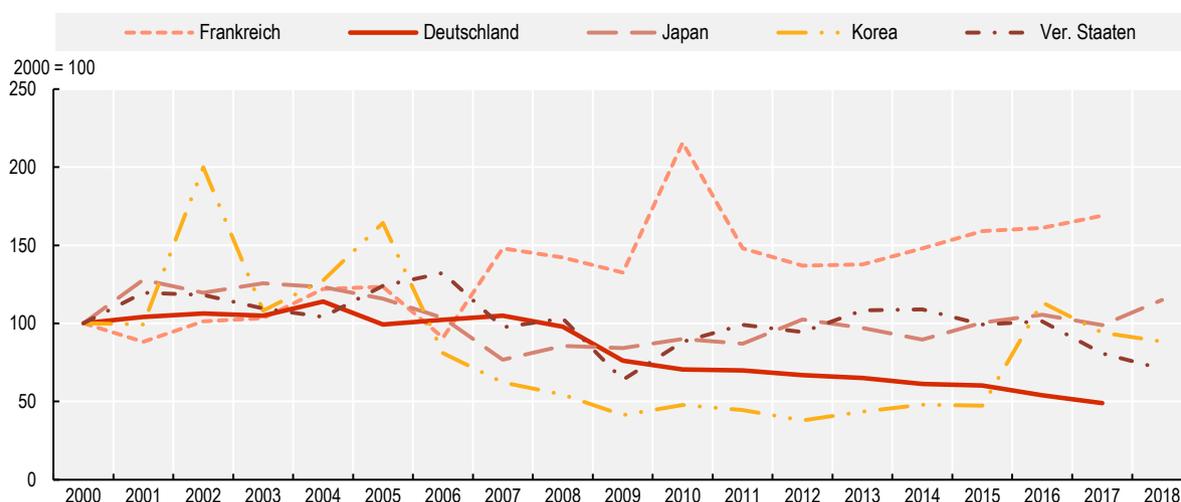
Automobilbranche, die 10 % ihres Umsatzes auf Innovationen verwendet, 37 % der Fahrzeuge der Oberklasse, die weltweit vom Band rollten; damit lag sie deutlich vor den Vereinigten Staaten (14 %) und China (16 %) (GTAI, o. J.^[27]). In ähnlicher Weise sind die starken Positionen so unterschiedlicher forschungsintensiver Sektoren wie der Luft- und Raumfahrt (2019 mit einem Anteil am Weltmarkt von 11,8 % weltweit auf dem dritten Rang) und der Pharmabranche (mit 14,1 % auf dem ersten Rang) ein weiterer Beleg für den wesentlichen Zusammenhang zwischen erfolgreicher Innovation und internationaler Wettbewerbsfähigkeit für die deutsche Wirtschaft.

3.6. Innovationsproduktivität: Ergebnisse im Verhältnis zu Investitionen

Seit Mitte der 2000er Jahre verzeichnen sowohl die Vereinigten Staaten als auch Deutschland einen Rückgang der Patentanmeldungen, wenn man sie zu den FuE-Aufwendungen ins Verhältnis setzt. Abbildung 3.17 zeigt, dass sich die Unterschiede verstärken: Die deutlichste Abnahme ergab sich in den Vereinigten Staaten, in Frankreich und Japan blieben die Erträge aus den FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor nach dem weltweiten Abschwung von 2008 und 2009 vergleichsweise stark und im Zeitverlauf stabil.

Abbildung 3.17. Entwicklung der FuE-Produktivität im produzierenden Gewerbe: Patente im Verhältnis zu FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors

Branchenstrukturbereinigter Durchschnittsindex (Wert für 2000 = 100)

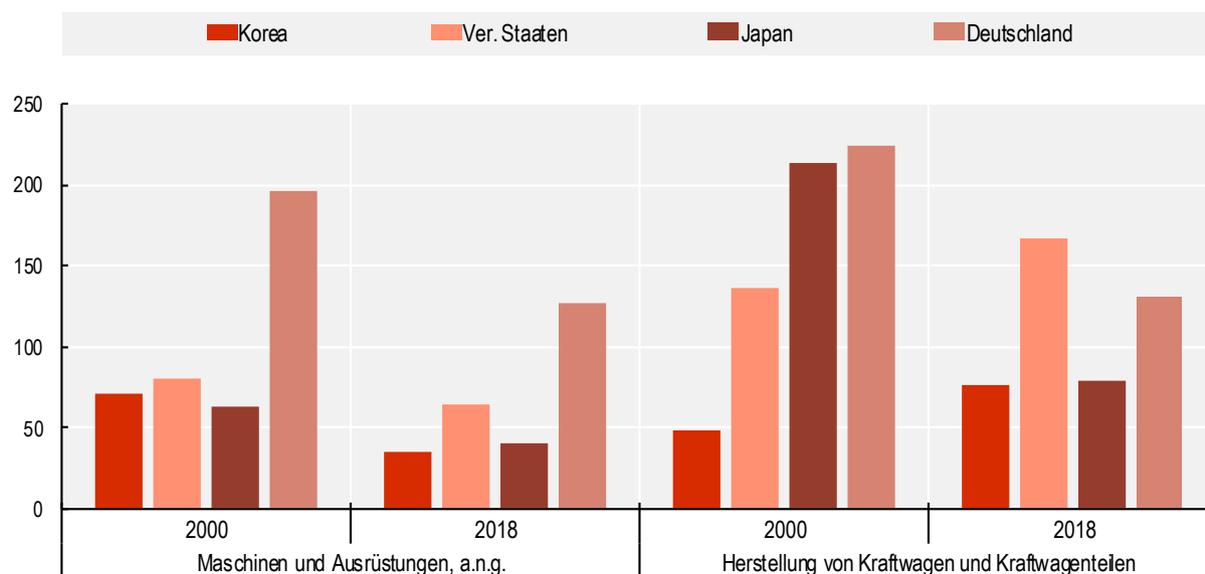


Anmerkung: Die Zahlen stellen die strukturbereinigten Durchschnittswerte (Sektoren gewichtet nach ihren Anteilen an der gesamten Wertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes) von beim EPA und nach dem PCT eingereichten Patentanmeldungen je FuE-Aufwendungen der Unternehmen im selben Jahr dar (Jahr der Aufwendungen und Patentanmeldungen). Die Daten der FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor sind dargestellt als KKP in konstanten Preisen von 2015. Der gemeldete Index ist auf das Jahr 2000 standardisiert (Wert für 2000 = 100). Die Daten zu Patentierungen wurden unter Verwendung der von Dörner und Harhoff entwickelten Konkordanzmatrix zu Patenten auf Sektorebene umgewandelt (Dörner und Harhoff, 2018^[28]). Die Berechnung dieses Indikators berücksichtigte 18 Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes (18 Sektoren mit zweistelligem Schlüssel nach ISIC4,⁵ die Daten zu FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor für den gesamten Zeitraum gemeldet haben; die Lebensmittelindustrie sowie Tabakwaren sind ausgenommen). Jedoch ist bei der Analyse dieser Entwicklung eine gewisse Vorsicht angebracht, da die Daten für einige Sektoren mit niedrigem Technologisierungsniveau (D13, D14, D15 und D16) in den Werten der Vereinigten Staaten und Japan teilweise berücksichtigt wurden. Diese Sektoren bilden jedoch nur einen geringen Teil der gesamten Wertschöpfung und des Outputs des produzierenden Gewerbes eines Landes. Die Auswirkungen auf den aggregierten Wert für die Vereinigten Staaten und Japan dürften daher eher geringen Ausmaßes sein.

Quelle: OECD-Berechnungen auf der Grundlage von statistischen Daten über FuE im Unternehmenssektor aus der Datenbank für FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors (*OECD STAN Database ISIC-4*) und von nach Branchen konsolidierten Daten zu Patentierungen (Patentanmeldungen beim EPA nach Jahr der Anmeldung).

Auf Branchenebene können mit diesem Ansatz zusätzliche Einblicke gewonnen werden. Für die Darstellung in Abbildung 3.18 beispielsweise wurde der FuE-Produktivitätsindikator für zwei der wichtigsten Wirtschaftssektoren in Deutschland berechnet. In verschiedenen Studien zu Innovation wird darauf hingewiesen, dass es sowohl hinsichtlich der Investitionen in FuE als auch bei den Patentierungsmustern bedeutende Unterschiede zwischen den Sektoren gibt: Branchen mit hohen FuE-Aufwendungen, und insbesondere neu entstehende Branchen, achten stärker auf Patentschutz und sind in größerem Maße technologischen Veränderungen unterworfen. Entsprechend weist Japan die höchste Anzahl von Patentanmeldungen im Verhältnis zu den FuE-Ausgaben auf – ein in den vergangenen zwei Jahrzehnten durchgängig auftretendes Muster (Abbildung 3.17). Diese Entwicklung hat sich im Kraftfahrzeugsektor erheblich verstärkt, wo das Verhältnis von Patentanmeldungen zu den FuE-Aufwendungen 2018 in Japan ungefähr zweieinhalbfach höher war als in Deutschland oder auch in den Vereinigten Staaten. In Deutschland verzeichnen der Maschinenbau und die Kraftfahrzeugbranche eine langsame Verschlechterung der Kapazitäten, auch wenn die Innovationsleistung des Landes im Jahr 2018 immer noch größer war als die Frankreichs und der Vereinigten Staaten (Abbildung 3.18).

Abbildung 3.18. Patentanmeldungen beim EPA im Verhältnis zu den FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors für ausgewählte Branchen, 2000 und 2018



Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage von statistischen Daten über FuE aus der Datenbank für FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors (*OECD STAN Database*) mit zweistelligem Schlüssel nach ISIC4 und von auf Branchenebene unter Verwendung von fraktioneller Zuordnung konsolidierten Daten (ISIC4, zweistelliger Schlüssel) zu Patentierungen (Patentanmeldungen beim EPA nach Jahr der Anmeldung).

Sowohl in Deutschland als auch weltweit hat die Forschungsproduktivität (gemessen als Gesamtfaktorproduktivität pro Anzahl der Forschenden) in den letzten zwei Jahrzehnten abgenommen (Abbildung 3.18). Zwischen 1930 und 2015 ist die Forschungsproduktivität in den Vereinigten Staaten pro Jahr durchschnittlich um 5,3 % zurückgegangen (Bloom et al., 2020^[29]). In Deutschland war die Entwicklung ähnlich: Die Forschungsproduktivität ist zwischen 1992 und 2017 pro Jahr um durchschnittlich 5,2 % gesunken (Boeing und Hünemann, 2020^[30]).

Literaturverzeichnis

- Atkin, D., A. Khandelwal und A. Osman (2017), „Exporting and Firm Performance: Evidence from a Randomized Experiment“, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 132/2, S. 551–615, <https://academic.oup.com/qje/article/132/2/551/3002609>. [7]
- Bloom, N. et al. (2020), „Are Ideas Getting Harder to Find?“, *American Economic Review*, Vol. 110/4, S. 1104-1144, <http://dx.doi.org/10.1257/aer.20180338>. [29]
- Boeing, P. und P. Hünermund (2020), „A global decline in research productivity? Evidence from China and Germany“, *Economics Letters*, Vol. 197, Artikel 109646, <http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2020.109646>. [30]
- Breitinger, J., B. Dierks und T. Rausch (2020), *Weltklassepatente in Zukunftstechnologien*, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, <http://dx.doi.org/10.11586/2020026>. [16]
- Bundesregierung (2019), „Forschungsstandort Deutschland stärken“, 22. Mai, Bundesregierung, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/forschungsstandort-deutschland-staerken-1613624> (Abruf: 4. Mai 2022). [9]
- Criscuolo, C. et al. (2021), „The Human Side of Productivity: Uncovering the role of skills and diversity for firm productivity“, *OECD Productivity Working Papers*, No. 29, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5f391ba9-en>. [3]
- Dorner, M. und D. Harhoff (2018), „A novel technology-industry concordance table based on linked inventor-establishment data“, *Research Policy*, Vol. 47/4, S. 768–781, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2018.02.005>. [28]
- DPMA (o. J.), „Aktuelle Statistiken: Patente“, Deutsches Patent- und Markenamt, München, <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/statistiken/patente/index.html>. [19]
- EPA (2021), „Patent Index 2020“, Europäisches Patentamt, München, <https://www.epo.org/about-us/annual-reports-statistics/statistics/2020.html>. [18]
- Europäische Kommission (2021), *Publications as a measure of innovation performance: Selection and assessment of publication indicators*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2777/43576>. [6]
- Europäische Kommission (2020), „The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard“, Europäische Kommission, Brüssel, <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2020-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>. [17]
- GTAI (o. J.), „Investment Environment: Germany’s Federal States“, Germany Trade & Invest, Berlin, <https://www.gtai.de/en/invest/business-location-germany/federal-states> (Abruf: 13. Mai 2022). [23]
- GTAI (o. J.), „The Automotive Industry in Germany“, Industry Overview, Germany Trade & Invest, Berlin, <https://www.gtai.de/resource/blob/64100/817a53ea3398a88b83173d5b800123f9/industry-overview-automotive-industry-en-data.pdf>. [27]
- Haskel, J. und S. Westlake (2017), *Capitalism without Capital*, Princeton University Press, <http://dx.doi.org/10.2307/j.ctvc77hhj>. [4]

- Kaus, W., V. Slavtchev und M. Zimmermann (2020), „Intangible capital and productivity: Firm-level evidence from German manufacturing“, *IWH Discussion Papers*, No. 1/2020, Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH), <http://hdl.handle.net/10419/213561>. [5]
- OECD (2022), *OECD Research and Development Expenditure in Industry*, OECD, <http://dx.doi.org/10.1787/22237925>. [24]
- OECD (2020), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>. [13]
- OECD (2011), „New sources of growth: intangible assets“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/inno/46349020.pdf>. [2]
- OECD (o. J.), „ICT investment as a percentage of GDP (2017)“, *OECD Going Digital Toolkit*, OECD, Paris, <https://goingdigital.oecd.org/indicator/30>. [12]
- OECD (o. J.), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00182-en>. [8]
- OECD (o. J.), *OECD R&D Statistics*, OECD, Paris, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GERD_SOF. [10]
- 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>. [15]
- OECD (o. J.), „Percentage of scientific publications involving international collaboration“, *STI Scoreboard*, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>. [14]
- OECD (o. J.), „Share prices“, Indikator, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/6ad82f42-en> (Abruf: 1. Juni 2022). [21]
- OECD (o. J.), „STAN Bilateral trade database by industry and end-use category, ISIC Rev. 4“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00691-en>. [11]
- OECD (o. J.), „STAN R&D: Research and development expenditure in industry - ISIC Rev. 4“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00689-en>. [26]
- OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation 4th Edition*, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264304604-en>. [1]
- Paunov, C. et al. (2019), „On the concentration of innovation in top cities in the digital age“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 85, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/f184732a-en>. [22]
- Weltbank (2022), „Market capitalisation of listed companies (% of GDP) – Germany, United Kingdom, United States, Korea, Rep., Japan, Euro area“, Datensatz, <https://data.worldbank.org/indicator/CM.MKT.LCAP.GD.ZS?end=2018&locations=DE-GB-US-KR-JP-XC&start=1975> (Abruf: 31. Mai 2022). [20]
- ZEW (2020), *Innovationen in der deutschen Wirtschaft*, ZEW, Mannheim, https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/20/mip_2020.pdf?v=1616141836. [25]

Anmerkungen

¹ Patentanmeldungen nach dem PCT werden bei einem nationalen Patentamt eines der Vertragsstaaten des PCT eingereicht. Falls das Patent angenommen wird, kann es auf sämtliche Vertragsstaaten des PCT ausgeweitet werden, sodass es de facto zu einem „internationalen“ Patent wird.

² Als Ziel wurde vorgegeben, die FuE-Ausgaben bis zum Jahr 2025 auf 3,5 % des BIP zu erhöhen.

³ Patente, die weltweit in wenigstens zwei Ämtern für geistiges Eigentum geschützt sind, von denen eines ein Mitglied der IP5 – also des Europäischen Patentamts (EPA), des japanischen Patentamts (JPO), des Patent- und Markenamts der Vereinigten Staaten (USPTO), des koreanischen Amts für geistiges Eigentum (KIPO) und des chinesischen Amts für geistiges Eigentum (CNIPA) – sein muss.

⁴ Triadische Patentfamilien setzen sich aus mehreren Patenten zum Schutz ein und derselben Erfindung durch ein und denselben Erfinder zusammen, die jeweils beim EPA, beim JPO und beim USPTO angemeldet wurden.

⁵ ISIC: International Standard Industrial Classification of All Economic Activities.

4 Die deutsche Forschungslandschaft für Innovationen

Das vorliegende Kapitel diskutiert die zentralen Merkmale der Forschungsbasis für Innovationen in Deutschland. Das deutsche Innovationssystem wird von einem großen, autonomen und finanziell gut ausgestatteten Netzwerk aus Forschungseinrichtungen und Universitäten getragen. Dabei wird die institutionalisierte öffentliche Forschung durch einen hochinnovativen Unternehmenssektor ergänzt.

Einleitung

Die Forschungsbasis – also die Stärke und die Kompetenzen der der Forschung verschriebenen Institutionen und Beschäftigten – ist ein zentraler Bestandteil des Innovationsökosystems. Sie spielt sowohl als Träger von Fachkompetenzen und Fähigkeiten als auch als Partner bei Innovationsaktivitäten eine wichtige Rolle für die Förderung von Innovationen in Unternehmen, insbesondere im Mittelstand. Die Bedeutung der Forschungsbasis wird im Transformationskontext weiter zunehmen, da dieser von den Unternehmen und Forschungseinrichtungen neue Formen von Fachkompetenz und mehr interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordert. Die Erleichterung dieser Zusammenarbeit ist ein zentrales Ziel der durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgelegten Reihe von Förderprogrammen, die in der Dachinitiative „Von der Idee zum Markterfolg“ zusammengefasst sind. Diese zusätzlichen Anforderungen sind besonders wichtig, damit die Forschungsbasis jene Arten von Sprunginnovationen unterstützen kann, die für die ökologische Transformation benötigt werden.

Wie auch in anderen Volkswirtschaften setzt sich die deutsche Forschungsbasis aus einem breiten Spektrum von Institutionen zusammen, die jeweils eine bestimmte Rolle im Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (WTI-System) einnehmen. Dies umfasst öffentliche Forschungseinrichtungen, die unterschiedliche Arten von innovationsfördernder Forschung betreiben, von der Grundlagenforschung bis hin zur angewandten Forschung an bestimmten Technologien. Hochschuleinrichtungen sind ein weiterer wichtiger Bestandteil der Forschungsbasis, da sie sowohl Forschung betreiben als auch die wissenschaftlichen Fachkräfte hervorbringen, die über das gesamte WTI-System hinweg benötigt werden. In Deutschland werden diese institutionellen Gruppierungen unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), die aus öffentlichen Mitteln finanzierte Forschungsförderung für Forschende an deutschen Forschungs- oder Hochschuleinrichtungen bereitstellt.

Der vorliegende Abschnitt gibt einen Überblick über die zentralen Merkmale der Forschungsbasis in Deutschland. Er stellt sowohl die wesentlichen in der Forschung aktiven Akteure innerhalb des WTI-Systems als auch das diesen zur Verfügung stehende Forschungspersonal vor.

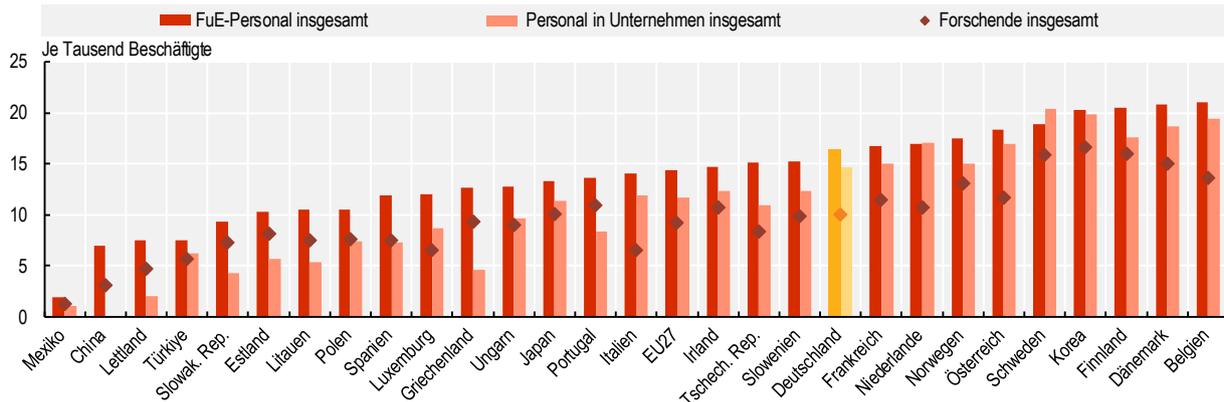
4.1. Forschungskapazitäten im internationalen Vergleich

Mit 450 700 Forschenden (gerechnet in Vollzeitäquivalenten) gehört Deutschland weltweit zu den Staaten mit den höchsten dauerhaften Forschungskapazitäten. Nur China, die Vereinigten Staaten und Japan verfügen über mehr Vollzeitäquivalente in der Forschung. In der Europäischen Union führt Deutschland mit großem Abstand vor Frankreich (314 100) und Italien (160 800).

Wie in anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften der OECD ist auch in Deutschland die überwiegende Mehrheit der Forschenden im Unternehmenssektor beschäftigt (61 %). Im Hochschulsektor liegt die Anzahl der Forschenden (24 %) etwas unter dem OECD-Durchschnitt (30 %), im öffentlichen Sektor (13 %) über dem OECD-Durchschnitt (6,5 %).

Im weltweiten Vergleich verfügte Deutschland 2019 nach China, den Vereinigten Staaten, Japan und Korea über die fünftgrößte Anzahl von vollzeitäquivalenten Forschenden im Unternehmenssektor (277 000). In der Europäischen Union stellt Deutschland mit seinen 277 000 Vollzeitäquivalenten den größten Anteil (27 %) der Forschenden im Privatsektor, vor Frankreich (197 400) und Italien (78 100). Der Anteil der Forschenden an den Beschäftigten (9,7 %) ist im Großen und Ganzen mit Ländern wie Frankreich (10,9 %) und den Vereinigten Staaten (9,8 %) vergleichbar, aber geringer als in bestimmten südasiatischen und nordeuropäischen Ländern wie Korea (15,2 %), Schweden (14,7 %) und Finnland (14,4 %) (Abbildung 4.1).

Abbildung 4.1. Maßgebliche Indikatoren der FuE-Personalkapazitäten in Relation zum Wirtschaftssektor (2019)



Anmerkung: FuE = Forschung und Entwicklung.

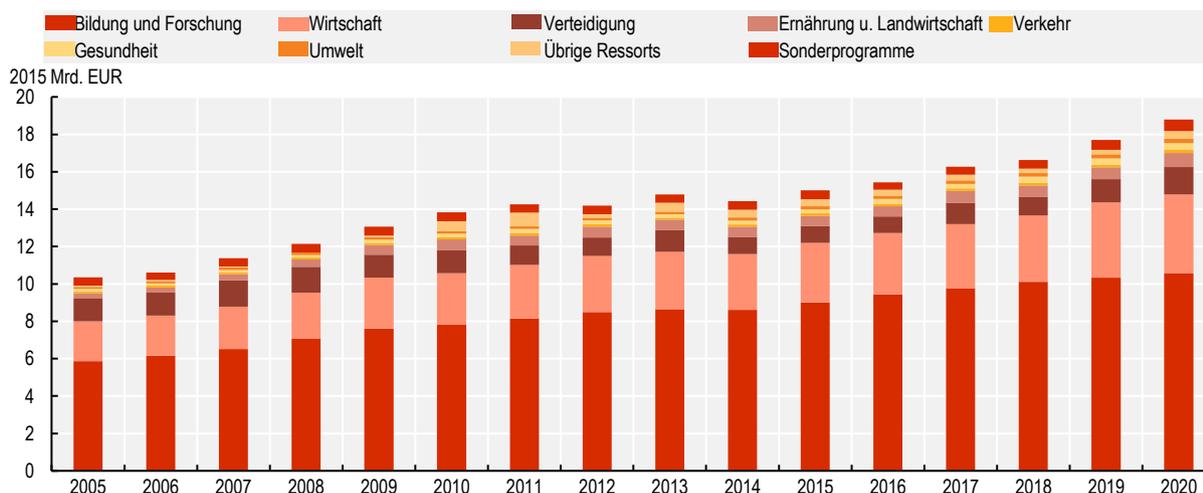
Quelle: OECD (o. J.^[1]), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. April 2022).

Die umfangreichen Forschungskapazitäten in Deutschland verschleiern erhebliche Herausforderungen bei der Teilhabe, insbesondere von Frauen. Wie an anderer Stelle in diesem Bericht erörtert, sind Frauen im Forschungssystem unterrepräsentiert, da sie lediglich 28 % der Vollzeitäquivalente in der Forschung insgesamt und 15 % im Unternehmenssektor ausmachen. Geschlechtergleichstellung und andere Teilhabeherausforderungen in der Forschungsbasis werden in Kapitel 16 erörtert.

Darüber hinaus wirken sich auch prekäre Arbeitsbedingungen im akademischen Bereich auf die Forschungseinrichtungen in Deutschland aus. Forschende an Universitäten und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen haben häufig befristete Kettenarbeitsverträge, die auf sechs bis neun Jahre begrenzt und in der Praxis oft kürzer sind und eingeschränkte Aussichten auf einen beruflichen Aufstieg bieten (77 % der Postdoktoranden an Hochschuleinrichtungen und 72 % an außeruniversitären Forschungseinrichtungen) (OECD, 2021^[2]). 2017 führte Deutschland zur Schaffung besserer und stabilerer Karrierewege in der Wissenschaft ein (begrenzt) Tenure-Track-Programm ein, auch um für Nachwuchswissenschaftler*innen Anreize zu setzen, zu einem früheren Zeitpunkt die Wahl für eine Karriere innerhalb oder außerhalb der Hochschule zu treffen. Weitere Maßnahmen sollten wie bisher vorrangig dazu dienen, Grundlagenforschung und angewandte Forschung in der Hochschule als einen attraktiven Karriereweg für begabte Hochschulabsolvent*innen aller Disziplinen und unterschiedlicher Herkunft zu positionieren, beispielsweise durch die Förderung teilhabeorientierter Governance-Modelle in Forschungseinrichtungen oder durch die Verbesserung des Personalmanagements (ebd.).

Für die Forschungsbasis wichtige Bundesmittel sind in den vergangenen Jahrzehnten angestiegen. 2019 gingen 50,1 % der FuE-Finanzierung des Bundes an öffentliche Forschungseinrichtungen (einschließlich staatlicher Stellen), 10,7 % an Hochschuleinrichtungen, 12,6 % an die DFG (die wiederum Projekte an Hochschuleinrichtungen finanziert), 18,3 % an Unternehmen (einschließlich eines sehr geringen Anteils an Unternehmen im Ausland) und 8,3 % an internationale Organisationen (BMBF, 2021^[3]). Insgesamt wuchs die FuE-Förderung des Bundes zwischen 2005 und 2020 real um ungefähr 3,9 % pro Jahr (Abbildung 4.2). Infolge der Exzellenzinitiative stieg die FuE-Finanzierung für Hochschuleinrichtungen und die DFG deutlich stärker (real um 5,8 % bzw. 6,8 % pro Jahr). Die Förderung öffentlicher Forschungseinrichtungen wuchs real um 3,5 % pro Jahr, während der Unternehmensbereich (+3,1 %), internationale Organisationen und Programme und andere Empfänger außerhalb Deutschlands (+2,6 %) ein geringeres Wachstum verzeichneten.

Abbildung 4.2. FuE-Finanzierung durch den Bund, Deutschland 2005–2020, nach Ressorts



Quelle: BMBF (2021^[3]), „Ausgaben des Bundes für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach Ressorts“, Zeitreihe 1991–2021 BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.4.pdf> (Abruf: 1. März 2022).

4.2. Forschungseinrichtungen im Überblick

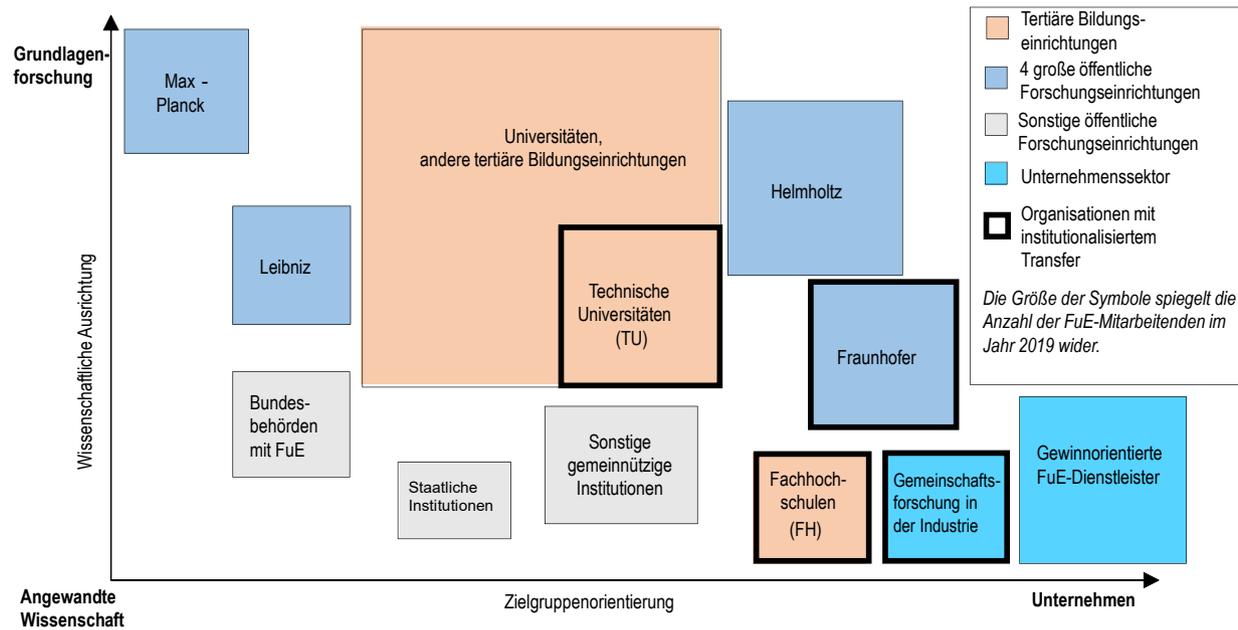
Die Forschungsbasis in Deutschland setzt sich aus mehreren Bausteinen zusammen. Das Land zählt mehr als 1 000 mit öffentlichen Mitteln finanzierte Forschungseinrichtungen (Hochschuleinrichtungen sind darin nicht eingeschlossen), die Grundlagenforschung und angewandte Forschung genauso umfassen wie wissenschaftliche und auf Innovationen ausgerichtete Arbeit (Abbildung 4.3) (BMBF, o. J.^[4]). Diese Zahl beinhaltet die von den vier größten öffentlichen Forschungseinrichtungen (Fraunhofer-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Leibniz-Gemeinschaft und Max-Planck-Gesellschaft) betriebenen Institute, die in ganz Deutschland vertreten sind. Zusätzlich dazu unterstützen rund 30 Forschungseinrichtungen des Bundes und 144 Einrichtungen der Bundesländer die Bundesregierung und die regionalen Gebietskörperschaften mit wissenschaftlichen Informationen bei der politischen Entscheidungsfindung (BMBF, o. J.^[4]).

Neben den 1 000 Einrichtungen im mit öffentlichen Mitteln finanzierten Netzwerk von Forschungsorganisationen umfasst die deutsche Forschungsbasis auch über 400 Hochschuleinrichtungen, darunter 120 Universitäten, mehr als 200 Fachhochschulen und rund 60 Kunst- und Musikakademien (BMBF, o. J.^[5]). Im Jahr 2020 arbeiteten rund 760 000 Personen in Hochschuleinrichtungen, von denen ein Drittel als wissenschaftliches Personal gilt (Destatis, o. J.^[6]). Mit mehr als 100 000 Beschäftigten stehen Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern an der Spitze der 16 Bundesländer im Bereich Hochschulpersonal. Neben den Hochschuleinrichtungen bilden mehr als 1 000 außeruniversitäre öffentliche Forschungseinrichtungen, die durch Bundes- oder Landesmittel finanziert werden, Teil der Forschungsbasis und sind häufig eng mit dem Innovationssystem verbunden (OECD, 2011^[7]). Viele Forschungsprojekte in Hochschuleinrichtungen und öffentlichen Forschungseinrichtungen werden durch die zentrale Organisation für Forschungsfinanzierung, die DFG, gefördert, die durch den Bund (69 %) und die Bundesländer (30 %) sowie durch EU-Mittel und private Spenden mit einem Jahresbudget von rund 3 Mrd. EUR ausgestattet ist (DFG, 2020^[8]).

Die deutschen Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen – und auch die DFG – verfügen über Organisations- und Governancestrukturen, die sie vor staatlichem Mikromanagement abschirmen. Anders als es bei ihren Pendanten in anderen Ländern der Fall ist, handelt es sich bei ihnen nicht um staatliche Behörden, sondern um sich selbst verwaltende Gemeinschaften. Die Organisationen im Land genießen einen hohen Grad an institutioneller Autonomie, der über den internationalen Standard der Lehr-

und Wissenschaftsfreiheit hinausgeht. Das Wissenschaftsfreiheitsgesetz aus dem Jahr 2012 vergrößert die universitäre Unabhängigkeit weiter, indem es den Universitäten größere haushalterische Freiheit gewährt.

Abbildung 4.3. Wissenschaftliche Forschungseinrichtungen in Deutschland, nach wissenschaftlicher Ausrichtung und Zielgruppenorientierung



Quelle: OECD, Ausarbeitung der Autor*innen basierend auf Destatis (o. J.^[6])

Deutschland verfügt über vier primäre Netzwerke von öffentlichen Forschungseinrichtungen. Beim ersten handelt es sich um die Fraunhofer-Gesellschaft, die 76 hauptsächlich auf angewandte Forschung ausgerichtete Institute und Forschungseinrichtungen in ganz Deutschland in sich vereint. Das zweite ist die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, deren 18 Zentren Forschungsinfrastrukturen für das Innovationssystem betreiben, darunter Beschleuniger, Teleskope, Forschungsschiffe und Supercomputer. Das dritte dieser Netzwerke ist die Leibniz-Gemeinschaft. Sie fungiert als Dachverband für fast 100 Forschungseinrichtungen, die wissenschaftliche Problemstellungen von gesellschaftlicher und internationaler Bedeutung untersuchen. Das vierte ist die Max-Planck-Gesellschaft, die auf fortgeschrittene Grundlagenforschung spezialisiert ist. Jede dieser öffentlichen Forschungseinrichtungen ist weitestgehend autonom, profitiert aber gleichzeitig von erheblicher öffentlicher Förderung (siehe Abschnitt 4.3).

Die DFG, die wissenschaftsgesteuerte Forschungsförderung bereitstellt, genießt eine ähnliche Autonomie. Alle fünf Organisationen werden von unterschiedlich gestalteten Mitgliederversammlungen geleitet und ernennen ihre eigenen Mitglieder. Damit hat der Staat keinerlei Möglichkeiten, unmittelbar Einfluss auf die Organisationen oder ihre Grundsätze zu nehmen. In der Praxis sind diese Einrichtungen auf öffentliche Mittel angewiesen, wodurch der Staat über ein hohes Maß an Kontrolle verfügt – dies allerdings auf aggregierter Ebene, was Mikromanagement verhindert.

4.3. Öffentliche Forschungseinrichtungen im deutschen WTI-System

Deutschland hebt sich mit seinem besonders großen Sektor öffentlicher Forschungseinrichtungen von vielen anderen Ländern ab. Dieser Sektor umfasst vier führende öffentliche Forschungseinrichtungen mit sehr unterschiedlichen Aufgaben:

- Die Helmholtz-Gemeinschaft unterhält 18 mittlere bis große unabhängige Forschungszentren mit Schwerpunkt Großforschung und Infrastrukturen.
- Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt 105 Institute und Zentren mit Schwerpunkt angewandte Wissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Innovation.
- Die Max-Planck-Gesellschaft umfasst 82 Institute, die Grundlagenforschung in verschiedensten Disziplinen betreiben.
- Die Leibniz-Gemeinschaft vereint 93 eigenständige Institute aus sehr unterschiedlichen Disziplinen, vor allem den Geisteswissenschaften (einschließlich Museen), Künsten und Sozialwissenschaften.

Der Sektor der öffentlichen Forschungseinrichtungen umfasst auch Forschungseinrichtungen des Bundes („Ressortforschungseinrichtungen“) und von den Bundesländern betriebene FuE-Institute (Tabelle 4.1). FuE-Statistiken zu öffentlichen Forschungseinrichtungen beinhalten Daten zu FuE in allen Disziplinen, einschließlich FuE in Bibliotheken, Museen und zahlreichen öffentlich kofinanzierten FuE-Einrichtungen, die oft in ähnlicher Weise wie private Organisationen ohne Erwerbszweck betrieben werden.

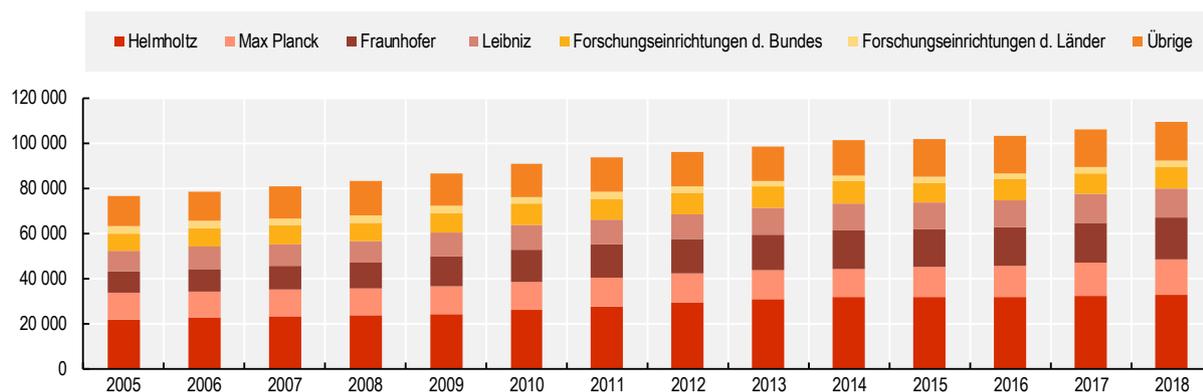
Tabelle 4.1. Gruppierungen öffentlicher Forschungseinrichtungen in Deutschland

	Institutionelle Förderung Bund: Länder	Anzahl der Institute/Zentren	Personal (Vollzeitäquivalente, 2018)		
			Insgesamt	Wissenschaftliches Personal	FuE-Personal
Helmholtz	90 : 10	18	32 962	16 685	32 853
Fraunhofer	90 : 10	105	15 736	9 146	15 736
Max Planck	50 : 50	82	18 206	9 207	18 206
Leibniz	50 : 50	93	14 622	7 228	12 946
Bundforschungseinrichtungen	100 : 0	38	19 286	9 644	9 747
FuE-Institute der Länder	0 : 100	53	5 976	2 937	2 620
Bibliotheken/Museen	unterschiedlich	176	11 128	3 402	3 548
Sonstige	unterschiedlich	463	17 152	10 078	13 831
Insgesamt		1 028	135 066	68 325	109 487

Quelle: Destatis (2022^[9]).

Die Anzahl der Vollzeitäquivalente in den öffentlichen Forschungseinrichtungen ist von 76 000 im Jahr 2005 auf 110 000 im Jahr 2018 kontinuierlich gewachsen (Abbildung 4.4), wobei die Fraunhofer-Gesellschaft einen etwas stärkeren Zuwachs verzeichnete als die anderen. Im Gegensatz dazu ist die Zahl der Beschäftigten an den FuE-Instituten der Länder zwischen 2005 und 2018 um ungefähr 2 % pro Jahr gesunken.

Abbildung 4.4. FuE-Personal an öffentlichen Forschungseinrichtungen, 2005–2018, nach Organisation



Quelle: BMBF (2021^[3]), „Tab 1.7.8 – Personal der wissenschaftlichen Einrichtungen außerhalb der Hochschulen nach Institutionen und Personalgruppen (Vollzeitäquivalent)“, Zeitreihe 2000–2019 BMBF, Berlin, [Tabellenauswahl - 1.7 In Forschung und Entwicklung tätiges Personal - Datenportal des BMBF](#) (Abruf: 1. März 2022).

Die vier großen öffentlichen Forschungseinrichtungen verfügen über äußerst ähnliche Governance-Systeme. Jede Einrichtung wählt ihre Mitglieder selbst aus, die wiederum unmittelbar oder mittelbar den Präsidenten, die oberste Leitung und sonstige leitende Ausschüsse bestellen und berufen. Obwohl die Regierungen auf Bundes- und Länderebene mitunter in diesen Strukturen repräsentiert sind, sind die vier großen öffentlichen Forschungseinrichtungen autonom.

4.3.1. Helmholtz-Gemeinschaft

Die Helmholtz-Gemeinschaft umfasst 18 Großforschungseinrichtungen, die nicht nur im Hinblick auf die Beschäftigtenzahlen groß sind, sondern tendenziell auch auf große Forschungsinfrastrukturen zurückgreifen können. Die Gemeinschaft entstand aus einem 1958 errichteten Arbeitsausschuss von Organisationen, die Atomreaktoren entwickelten und neben verschiedenen Hochschulinstituten die Forschungszentren Karlsruhe und Jülich umfassten. In den 1960er Jahren stießen weitere große Forschungszentren aus Bereichen wie der Luftfahrt, Hochenergiephysik und den Material- und Gesundheitswissenschaften zu dem Arbeitsausschuss, der 1970 die Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen gründete, um das Verhältnis zum Staat zu regeln, staatliches Mikromanagement der Zentren zu reduzieren und deren Autonomie zu vergrößern.

In absoluten Zahlen entfiel der größte Anteil am Wachstum der FuE-Kapazitäten zwischen 2005 und 2018 auf die Helmholtz-Gemeinschaft (33,1 %), wobei der größte Anstieg bis 2014 stattfand. Der zweitgrößte Anteil entfiel auf die Fraunhofer-Gesellschaft, die für 25,9 % des Wachstums verantwortlich zeichnete. Was die wissenschaftlichen Disziplinen angeht, so war das Wachstum der FuE-Kapazitäten in öffentlichen Forschungseinrichtungen gleichmäßig auf die Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Medizin verteilt, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 2,7 % im Jahr 2005 bis 2,9 % im Jahr 2018. Der größte Teil des absoluten Wachstums der FuE-Kapazitäten entfiel auf öffentliche Forschungseinrichtungen, die in den Naturwissenschaften (45,8 %) und den Ingenieurwissenschaften (24,5 %) forschen. Prozentual wuchs die sozialwissenschaftliche Forschung ungefähr doppelt so schnell, allerdings von einem niedrigen Ausgangsniveau aus.

4.3.2. Max-Planck-Gesellschaft

Die Vorgängerorganisation der Max-Planck-Gesellschaft war die 1911 gegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, deren Institute einer Mischung aus wissenschaftlicher Grundlagenforschung und angewandter technischer, industrieller und Rüstungsforschung nachgingen. Die Alliierten lösten die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 1946 auf, da einige der Institute durch Forschung und technische Hilfsleistungen am Holocaust beteiligt gewesen waren. Die Max-Planck-Gesellschaft wurde 1948 errichtet und griff teilweise auf die Infrastruktur und das Personal ihrer Vorgängerorganisation zurück, konzentrierte sich jedoch auf die Grundlagenforschung. Mehr als andere deutsche Institute folgt die Max-Planck-Gesellschaft dem nach dem ersten Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Adolf von Harnack benannten „Harnack-Prinzip“, nach dem ein Institut um die Fähigkeiten einer zentralen Forscherpersönlichkeit errichtet werden sollte und die Emeritierung dieser Forscherpersönlichkeit nur dann überdauern sollte, wenn ein*e hinreichend kongeniale*r Nachfolger*in gefunden werden kann. Andere Institutsgruppierungen sind unternehmerischer und kollektiver ausgerichtet.

Die Max-Planck-Gesellschaft wird durch ihre Mitglieder geleitet, die fördernde und wissenschaftliche Mitglieder genauso umfassen können wie Ehrenmitglieder und Mitglieder von Amts wegen. Die Mitgliederversammlung wählt einige Mitglieder des Senats, der auch zwei Vertreter der Bundesregierung und drei Vertreter der Landesregierungen umfasst. Der Senat wiederum wählt den Präsidenten und die weiteren Mitglieder des Verwaltungsrats und entscheidet über die Gründung und Schließung einzelner Institute.

4.3.3. Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft wurde ursprünglich 1949 von der bayerischen Landesregierung und der Bundesregierung gegründet und vom damaligen Bundesministerium für Wirtschaft nach der DFG und der Max-Planck-Gesellschaft als dritter großer Baustein des nationalen Forschungssystems anerkannt. Die Fraunhofer-Gesellschaft eröffnete ihre ersten Institute im Jahr 1954 und verfolgte bis 1969 in 19 Instituten mit rund 1 200 Beschäftigten eine Mischung aus industrieller und Rüstungsforschung. Eine Kommission zur Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft entwarf daraufhin das „Fraunhofer-Modell“ der Finanzierung, nach dem der Staat rund ein Drittel der Einkünfte der Fraunhofer-Gesellschaft in Form von institutioneller Förderung zur Verfügung stellt. Von den Instituten wird erwartet, dass sie ein weiteres Drittel aus wettbewerblichen staatlichen Quellen (die heute das EU-Rahmenprogramm umfassen) und das verbleibende Drittel aus der Industrie akquirieren. Die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) (die 2008 durch die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz [GWK] ersetzt wurde) vereinbarte 1973 ein neues Finanzierungsmodell. Demnach soll die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Aktivitäten auf industrielle Technologien und FuE verlagern und dabei besonderes Augenmerk auf die Entwicklung kleiner und mittlerer Unternehmen legen, wie es ihrer derzeitigen Rolle entspricht. Nach der Wiedervereinigung übernahm die Fraunhofer-Gesellschaft einige der industriellen Forschungsinstitute der Deutschen Demokratischen Republik (DDR), wobei auch viele der Forschungsstätten der DDR geschlossen wurden. In ihrer nach 1973 existierenden Form gilt die Fraunhofer-Gesellschaft unter den öffentlichen Forschungseinrichtungen international als das Vorbild schlechthin. Jedoch weicht sie vom üblichen Modell der öffentlichen Forschungseinrichtungen insofern ab, als sie über verschiedene kleine Büros, Institute und Kollaborationen außerhalb Deutschlands verfügt, die nicht nur als internationale „Antennen“ und Marketingmöglichkeiten der Fraunhofer-Gesellschaft, sondern auch als Träger deutscher Wissenschaftsdiplomatie zu dienen scheinen. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist ein größerer Exporteur von FuE- und technischen Dienstleistungen als die meisten anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist stärker dezentral strukturiert als andere große öffentliche Forschungseinrichtungen wie die Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO) oder das Technische Forschungszentrum Finnland VTT. Das Fraunhofer-Modell bedeutet in der Praxis, dass die Institutsleitungen einen hohen Grad an Autonomie genießen, sofern sie die haushalterischen Anforderungen der Fraunhofer-Gesellschaft erfüllen. In den vergangenen zwei Jahrzehnten

hat die oberste Führung der Gesellschaft erfolgreich Institute in verwandten Bereichen miteinander vernetzt, Verwaltungs- und Managementdienstleistungen gestärkt und sowohl eine Technologietransfer-Stelle als auch eine internationale Abteilung gegründet. Trotzdem stellen die einzelnen sehr bewusst unabhängigen Institute die strategischen Unternehmenseinheiten der Fraunhofer-Gesellschaft dar. Die Institutsleitungen haben einer Teilzeitbeschäftigung als Universitätsprofessor*innen nachzugehen, üblicherweise an einer benachbarten Universität, wodurch die Verbindungen zur Grundlagenforschung gefestigt werden und für stetigen Nachschub an Doktorand*innen gesorgt wird, die in mit der Fraunhofer-Gesellschaft verbundenen Bereichen tätig sind. Die Fraunhofer-Gesellschaft strebt ausdrücklich an, aus dieser Gruppe Personal anzuwerben, und hat sich ein Minimalziel für die Personalfuktuation gesetzt, wobei sie dem Grundsatz folgt, dass die meisten promovierten Wissenschaftler*innen einige Jahre lang ihre Fertigkeiten an einem Fraunhofer-Institut vervollkommen sollten, um danach in die Industrie zu wechseln. Diese Regelung bedeutet auch, dass die Fraunhofer-Institute auf einem theoretischeren und grundlegenden Niveau agieren als Technologieunterstützungs- und -transferorganisationen wie die Steinbeis-Stiftung, die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und die Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e. V.

Die Fraunhofer-Gesellschaft wird von einer Mitgliederversammlung geleitet. Ordentliche Mitglieder können „natürliche und juristische Personen, auch Vereine und Gesellschaften ohne Rechtsfähigkeit (Vereinigungen) werden, die die Arbeiten der Gesellschaft fördern wollen“ (Fraunhofer, 2015_[10]). Eine Mitgliedschaft von Amts wegen steht den Mitgliedern des Senats, des Vorstands, der Institutsleitungen und der Kuratorien offen.

4.3.4. Leibniz-Gemeinschaft

Die Leibniz-Gemeinschaft entstand 1949 auf einer Versammlung der Bundesländer, auf der einvernehmlich beschlossen wurde, dass mehrere bestehende Institute zu groß für die Finanzierung durch ein einzelnes Bundesland waren und dass Vorkehrungen getroffen werden sollten, diese Institute gemeinschaftlich zu finanzieren. Im Jahr 1969 wurde das Grundgesetz dahingehend geändert, dass die gemeinschaftliche Finanzierung von Forschungseinrichtungen durch den Bund und die Länder möglich wurde. Nach intensiven Verhandlungen einigte man sich 1977 auf eine Liste – nach der Papierfarbe als „Blaue Liste“ bezeichnet – von 46 für die gemeinschaftliche Finanzierung vorgesehenen Instituten. Im Jahr 1990 errichteten die Institute dieser Blauen Liste eine Arbeitsgemeinschaft Blaue Liste. Nach der Wiedervereinigung wuchs diese bis zum Jahr 1992 auf 81 Institute an. Der von der Arbeitsgemeinschaft Blaue Liste eingerichtete Grundsatzausschuss beriet über die Zukunft der Institute, was 1995 zur Gründung der „Wissenschaftsgemeinschaft Blaue Liste“ führte, die sich 1997 in „Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz“ umbenannte und heute schlicht als Leibniz-Gemeinschaft bezeichnet wird.

Die Leibniz-Gemeinschaft gliedert sich in fünf Sektionen, d. h. auf die folgenden Bereiche spezialisierte Institutgruppen:

- Geisteswissenschaften und Bildungsforschung
- Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Raumwissenschaften
- Lebenswissenschaften
- Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften
- Umweltwissenschaften

Die Mitgliedschaft in der Leibniz-Gemeinschaft setzt sich zusammen aus den Instituten, von deren Leitungen der*die Präsident*in und die Vize-Präsident*innen gewählt werden. Auf Mitgliederversammlungen wird über die Aufnahme von Instituten als Mitglieder entschieden. Das Präsidium besteht aus der Leitung der Leibniz-Gemeinschaft und den Sprecher*innen der fünf Sektionen. Der Senat umfasst die Leitung der Leibniz-Gemeinschaft, Vertreter*innen der fünf Sektionen und eine Mischung aus Vertreter*innen der Bundesregierung und der Landesregierungen. Anders als bei den anderen drei großen öffentlichen Forschungseinrichtungen kommt dem Senat der Leibniz-Gemeinschaft eine beratende Rolle zu.

4.4. Hochschuleinrichtungen

Nahezu alle größeren Universitäten sind öffentliche Einrichtungen und erhalten Grundfinanzierung von ihren jeweiligen Landesregierungen. Viele andere Hochschuleinrichtungen stehen in privater (üblicherweise gemeinnütziger) Trägerschaft. Mit Ausnahme einiger weniger Hochschulen des Bundes werden sämtliche öffentlichen Hochschuleinrichtungen von den Landesregierungen verwaltet. Bei Forschungsqualität und Leistung unterscheiden sich die Universitäten wenig: Im Shanghai-Ranking für das Jahr 2021 werden 51 deutsche Universitäten unter den besten 1 000 Universitäten geführt, und 4 sind unter den besten 100 vertreten (die LMU München auf Rang 48, die TU München auf Rang 52, die Universität Heidelberg auf Rang 57 und die Universität Bonn auf Rang 84) (Shanghai Ranking, 2021^[11]). Ungefähr 20 Universitäten haben einen ingenieurwissenschaftlichen und technischen Schwerpunkt; viele von ihnen verwenden die Bezeichnung „Technische Universität“ und arbeiten traditionell eng mit der Industrie zusammen.

Tabelle 4.2. Hochschuleinrichtungen in Deutschland

Art der Hochschuleinrichtungen	Anzahl der Einrichtungen	Personal (Kopfzahl, 2019)			Anzahl der Studierenden (2019/20)	Anzahl der Absolvent*innen (2019)	
		Insgesamt	Wissenschaftliches Personal	Professor*innen		Insgesamt	Promotionen
Universitäten	112	574 545	213 658	24 854	1 749 734	301 961	28 509
(einschließlich Technische Universitäten ^a)	20	130 797	58 806	5 927	478 843	86 608	7 902
Fachhochschulen	236	136 782	38 578	20 234	1 023 146	182 907	0
Andere Hochschulen ^b	108	26 435	8 375	3 459	118 169	27 417	181
Insgesamt	456	737 762	260 611	48 547	2 891 049	512 285	28 690

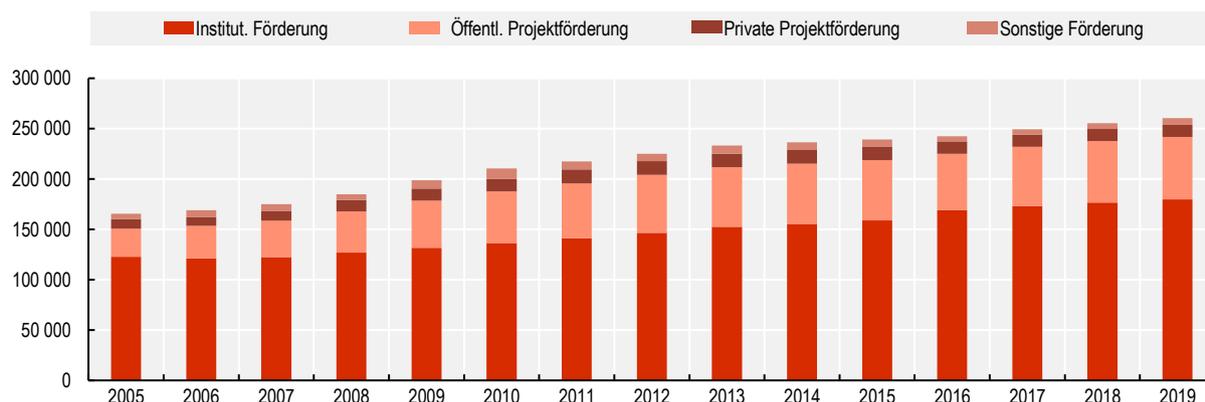
Anmerkung: a) 20 Universitäten mit großen technischen Fakultäten: RWTH Aachen, TU Berlin, Ruhr-Universität Bochum, TU Braunschweig, TU Chemnitz, TU Clausthal, TU Cottbus-Senftenberg, TU Darmstadt, TU Dortmund, TU Dresden, Universität Erlangen-Nürnberg, TU Freiberg, TU Hamburg, Leibniz-Universität Hannover, TU Ilmenau, TU Kaiserslautern, Karlsruhe IT, TU München, Universität Stuttgart, Universität Wuppertal. b) pädagogische Hochschulen, theologische Hochschulen, Kunsthochschulen, Verwaltungsfachhochschulen und andere.

Quelle: Destatis (o. J.^[6])

Aufgrund der Vorgabe, die Studierendenzahlen zu erhöhen, ist der Universitätssektor erheblich angewachsen: von ungefähr 349 000 Erstsemestern im Jahr 2005 auf 496 000 im Jahr 2019 (Tabelle 4.2). Der Anteil der Studienanfänger*innen an der gleichaltrigen Bevölkerung hat sich in Deutschland von einem Drittel auf die Hälfte erhöht. Die Studierendenschaft ist dennoch recht international: Ein Viertel der Erstsemester besitzt nicht die deutsche Staatsangehörigkeit. Entsprechend ist auch die Zahl des wissenschaftlichen Personals gestiegen (Abbildung 4.5). Die Forschungstätigkeit der Universitäten dürfte sowohl durch die Fächerwahl der Studierenden beeinflusst werden (da die Universitäten das für die Lehre notwendige wissenschaftliche Personal einstellen müssen) als auch durch die thematischen Prioritäten externer Forschungsförderer.

Die Universitäten (insbesondere die Technischen Universitäten) können mit einem oder mehreren „An-Instituten“ zusammenarbeiten oder diese sogar eingliedern. Obwohl sie sich formal außerhalb der Universitätsstrukturen befinden, sind An-Institute im Allgemeinen auf dem Universitätsgelände oder in der Nähe angesiedelt. Viele An-Institute beraten die Industrie oder sind an anderen Formen des Technologietransfers beteiligt, mitunter im Rahmen einer Zusammenarbeit mit einem Industrieverband oder einzelnen Unternehmen. Außerdem können sie die Zusammenarbeit mit anderen Teilen des Forschungssektors ermöglichen. Mitglieder der vier großen öffentlichen Forschungseinrichtungen – insbesondere der Fraunhofer- und Max-Planck-Gesellschaften – können ebenfalls bei Universitäten angesiedelt sein. Die Institutsdirektor*innen müssen einen Lehrstuhl in Teilzeit innehaben, oftmals an einer benachbarten Universität.

Abbildung 4.5. Wissenschaftliches Personal an Hochschuleinrichtungen, 2005–2019, nach Finanzierungsquellen



Anmerkung: * einschließlich Studiengebühren und unbekannter Quellen.

Quelle: Destatis (o. J.^[6]); ZEW (2021^[12])

Änderungen am Hochschulrahmengesetz in den Jahren 1998 und 2000 zielten darauf ab, den Wettbewerb im Universitätssektor anzuregen, indem Regulierung abgebaut wurde und leistungsbezogene Anreize gesetzt wurden, indem die Rolle der Ministerien bei der Führung der Hochschulen begrenzt wurde und indem die interne Universitätsleitung durch die Verringerung der relativen Macht des Kollegiums gestärkt wurde. Die Bundesländer verfügen über unterschiedliche Modelle für die Hochschulräte, die um das Jahr 2012 eingeführt wurden. Zu dem Zeitpunkt stellten 12 von 15 Bundesländern die Anforderung auf, dass Hochschulräte mehrheitlich mit hochschulexternen Mitgliedern besetzt sein müssen (in einem Bundesland wurden keine entsprechenden Regeln eingeführt) (Stockinger, 2018^[13]). Hochschulrektor*innen werden weiterhin durch den akademischen Senat und den Hochschulrat gewählt, üblicherweise jedoch formal durch das zuständige Ministerium bestellt.

Während deutsche Universitäten einen hohen Grad an akademischer Freiheit genießen, sind ihrer finanziellen Freiheit engere Grenzen gesetzt. Seit 2011 dürfen sie keine Studiengebühren mehr erheben. Während sie (eingeschränkt) Geld leihen dürfen, ist es ihnen nicht gestattet, Eigentümer von Gebäuden zu sein. Das wissenschaftliche Personal ist verbeamtet und erhält damit eine Vergütung innerhalb festgelegter Gehaltsstrukturen, die die Einstellung von „Superstar“-Professor*innen verhindern; der Beamtenstatus bedeutet außerdem, dass das wissenschaftliche Personal schwer kündbar ist (Bennetot Pruvot und Eastermann, 2017^[14]).

Der Bologna-Prozess verstärkte ab 1999 die Einrichtung von Studiengängen mit fester Dauer und förderte die regelmäßige Evaluierung der Universitäten. Zusammen mit der verstärkten Verwendung von Englisch als Unterrichtssprache in der Hochschullehre führte dies zu einem dramatischen Anstieg der Zahl ausländischer Studierender an deutschen Universitäten.

4.5. Ressortforschungseinrichtungen

Die Bundesregierung betreibt insgesamt 42 Ressortforschungseinrichtungen mit FuE-Ausgaben von zusammengenommen rund 1,2 Mrd. EUR im Jahr 2020 (BMBF, 2021^[15]). Anders als bei öffentlichen Forschungseinrichtungen handelt es sich hierbei um den Bundesministerien unterstellte Fachbehörden. Sie decken die standardmäßige Breite an Fachgebieten ab, darunter Metrologie, Gesundheitswesen, Geologie und Sozialpolitik. Wie anderswo auch unterscheidet sich der Anteil, den die Forschung im Vergleich zu anderen Aufgaben wie Datenerhebung und routinemäßigeren Funktionen einnimmt, sehr stark je nach Institut.

Seit 2004 ist der Wissenschaftsrat für die Evaluierung der Ressortforschungseinrichtungen zuständig. 2005 haben sich diese Forschungseinrichtungen in einer Arbeitsgemeinschaft der Ressortforschungseinrichtungen zusammengeschlossen.

Das BMBF hat 2007 teilweise auf der Grundlage von Evaluierungen einiger Ressortforschungseinrichtungen Leitlinien für die Qualitätssicherung und Verwaltung und ein Konzept für die Ressortforschungseinrichtungen erstellt, welches die folgenden Aufgaben für die Einrichtungen festlegte (BMBF, 2007_[16]):

- Forschungs- und Entwicklungsleistungen
- wissenschaftsbasierte Beratungs- und Informationsleistungen
- wissenschaftsbasierte Dienstleistungen wie Prüfung, Zertifizierung und Zulassung

Zwar werden in diesem Konzept die Ressortforschungseinrichtungen als Hauptanbieter dieser Dienstleistungen positioniert, es wird aber eingeräumt, dass auch Universitäten, öffentliche Forschungseinrichtungen und sonstige Einrichtungen zur Erbringung ähnlicher Dienstleistungen herangezogen werden können. Dem Konzept zufolge sollte die finanzielle Autonomie der Ressortforschungseinrichtungen erhöht werden, indem ihnen freigestellt wird, zusätzlich zur institutionellen Förderung durch die ihnen übergeordneten Ministerien auch Drittmittel einzuwerben. Um die wissenschaftliche Vernetzung der Ressortforschungseinrichtungen zu fördern, sah das Konzept mehrere Maßnahmen vor, wie z. B. die Mitgliedschaft in Forschungsnetzwerken, die Entsendung und den Austausch von Personal und die Teilnahme an gemeinschaftlichen Forschungsvorhaben.

Nachdem der Wissenschaftsrat damit beauftragt worden war, Vorschläge zur Verbesserung des Systems der Ressortforschungseinrichtungen zu entwickeln, empfahl er im Jahr 2010, dass sich diese Einrichtungen aktiver an internationalen Kooperationen und am laufenden Prozess der Rationalisierung und Neuzuteilung unter den Forschungseinrichtungen beteiligen sowie sich stärker in die Themensetzung des EU-Forschungsrahmenprogramms einbringen sollten (Wissenschaftsrat, 2010_[17]), was eine bessere Koordinierung sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene umfassen würde. Des Weiteren schlug der Wissenschaftsrat vor, die Ressortforschungseinrichtungen in regelmäßigen Abständen evaluieren zu lassen und sie stärker mit dem Wissenschaftssystem zu vernetzen. Ferner sollten FuE-intensive Ressortforschungseinrichtungen (also fast alle) über den Freiraum verfügen, mindestens 15 % ihrer vorgesehenen FuE-Kapazitäten auf selbst entwickelte Projekte zu verwenden. Der Rat empfahl außerdem, dass Ressortforschungseinrichtungen, die größere Forschungsinfrastrukturen betreiben, diese so weit wie möglich für die Nutzung durch externe Wissenschaftler*innen öffnen sollten.

Seit dem Jahr 2010 scheint sich wenig geändert zu haben. Obwohl der Wissenschaftsrat von Zeit zu Zeit einzelne Ressortforschungseinrichtungen auf Anfrage der ihnen übergeordneten Ministerien evaluiert, wurde die Rolle der Ressortforschungseinrichtungen insgesamt nicht wieder thematisiert. Zudem unterhalten viele Bundesländer eigene Forschungseinrichtungen, die keiner nationalen Aufsicht oder Evaluierung unterliegen.

Literaturverzeichnis

- Bennetot Pruvot, E. und T. Eastermann (2017), *University Autonomy in Europe III: The Scorecard 2017*, European University Association, Brüssel, <https://eua.eu/downloads/publications/university%20autonomy%20in%20europe%20iii%20the%20scorecard%202017.pdf>. [14]
- BMBF (2021), „Ausgaben des Bundes für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach Ressorts“, Zeitreihe 1991–2021, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.4.pdf>. [3]
- BMBF (2021), *Bildung und Forschung in Zahlen 2021*, BMBF, Berlin, https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/bildung_und_forschung_in_zahlen_2021.pdf. [15]
- BMBF (2007), *Konzept einer modernen Ressortforschung*, BMBF, Berlin, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/konzept_ressortforschung.pdf?_blob=publicationFile&v=1. [16]
- BMBF (o. J.), *Research Institutions*, BMBF, Berlin, <https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/research-institutes.html>. [4]
- BMBF (o. J.), „Universities“, BMBF, Berlin, <https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/universities.html>. [5]
- Destatis (2022), *Ausgaben, Einnahmen und Personal der öffentlichen und öffentlich geförderten Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung*, Fachserie 14 Reihe 3.6, Berichtszeitraum 2020, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Forschung-Entwicklung/Publikationen/Downloads-Forschung-Entwicklung/ausgaben-einnahmen-personal-2140360207004.pdf>. [9]
- Destatis (o. J.), „Hochschulen nach Hochschularten“, Tabelle, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/hochschulen-hochschularten.html>. [6]
- DFG (2020), „Der Jahresbericht 2020“, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn, https://www.dfg.de/dfg_profil/jahresbericht/. [8]
- Fraunhofer (2015), *Satzung der Fraunhofer-Gesellschaft – Fassung 2015*, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V, München, <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/ueber-fraunhofer/Satzung-Fraunhofer-Gesellschaft.pdf>. [10]
- OECD (2021), „Reducing the precarity of academic research careers“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 113, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/0f8bd468-en>. [2]
- OECD (2011), *Public Research Institutions: Mapping Sector Trends*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264119505-en>. [7]
- OECD (o. J.), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00182-en>. [1]

- Shanghai Ranking (2021), „2021 Academic Ranking of World Universities“, ShanghaiRanking Consultancy, <https://www.shanghairanking.com/rankings/arwu/2021>. [11]
- Stockinger, S. (2018), *Governance and Management of German Universities*, Dissertation, Universität Augsburg, <https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/67944/file/Governance+and+Management+of+German+Universities.pdf>. [13]
- Wissenschaftsrat (2010), *Empfehlungen zur Profilierung der Einrichtungen mit Ressortforschungsaufgaben des Bundes*, Drs. 10295-10, Wissenschaftsrat, Berlin, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/10295-10.pdf>. [17]
- ZEW (2021), *Innovationen in der Deutschen Wirtschaft*, ZEW, Mannheim, https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/21/mip_2021.pdf?v=1643623456. [12]

5 Strategien und Policy-Mix für Innovation

Dieses Kapitel befasst sich mit der öffentlichen Förderung von Innovationen in Deutschland und stellt die wichtigsten innovationspolitischen Strategien und Instrumente vor. Deutschland verfügt über ein umfassendes System der Innovationsförderung, das vor Kurzem durch die Einführung einer FuE-Steuerergänzung ergänzt wurde. Viele staatliche Programme sind auf KMU ausgerichtet, die bereits innovativ tätig sind. Die Aufmerksamkeit richtet sich jedoch zunehmend auch darauf, den Beitrag von Start-ups und bisher nicht innovativ tätigen Unternehmen zu steigern. Als Richtungsvorgabe für Politikinterventionen dient eine zuweilen zwar fragmentierte, aber umfassende Reihe strategischer Dokumente, von denen eine wachsende Zahl auch missionsorientierte Prinzipien umfasst.

Einleitung

Deutschlands Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik (WTI-Politik) ist gut ausgestattet. Die öffentlichen Ausgaben, die in Deutschland für Forschung und Innovation (F&I) geleistet werden, gehören zu den höchsten der Welt. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) im Jahr 2020, dem letzten Jahr, für das Daten vorliegen, war der Gesamtumfang der staatlichen Mittelzuweisungen für Forschung und Entwicklung (GBARD) mit 1,1 % der vierthöchste der Welt; nur in Japan (1,71 %), Korea (1,25 %) und Norwegen (1,15 %) waren die GBARD noch höher (OECD, o. J.^[1]). 2020 beliefen sich die deutschen GBARD auf 50,3 Mrd. USD KKP (US-Dollar zu jeweiligen USD-Kaufkraftparitäten). Damit lagen sie nur hinter denen der Vereinigten Staaten (169,9 Mrd. USD) und Japans (90,9 Mrd. USD). Das Volumen der staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE), das 34,7 % der gesamten GBARD in der Europäischen Union im selben Jahr entspricht, verdeutlicht, welche Ressourcen politischen Entscheidungsträger*innen zur Förderung und Steuerung der Innovationstätigkeit zur Verfügung stehen.

Aufgrund des föderalen Systems in Deutschland wird die staatliche FuE-Förderung über verschiedene Mechanismen zwischen Bund und Ländern aufgeteilt. Eine wichtige Komponente ist die staatliche Projektfinanzierung, auf die 2020 49,5 % der GBARD entfielen. Viele Projektinitiativen werden unter der Federführung nationaler Strategien und Programme durchgeführt. Dazu gehören thematische Initiativen wie die Energiewende, die Zukunftsstrategie Forschung und Innovation und die darunterfallenden technologiespezifischen Programme sowie spezifische Programme für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), wie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM), mit dem die Innovationsbeteiligung des Mittelstands gestärkt werden soll. Diese Ansätze haben im Innovationsbereich einen äußerst erfolgreichen Inkrementalismus gefördert und es deutschen Unternehmen ermöglicht, in vielen international wettbewerbsfähigen Sektoren Technologieführer zu bleiben. Ein weiteres Beispiel ist die seit 2007 laufende Förderinitiative KMU-innovativ, deren Ziel es ist, die Forschung in KMU und die Forschungszusammenarbeit mit der Wissenschaft in Schlüsseltechnologien zu stärken; insgesamt wurden bisher mehr als 2 400 Projekte gefördert.

In diesem Kapitel werden die wichtigsten nationalen und thematischen Strategien sowie die wichtigste direkte und indirekte öffentliche Förderung von FuE und Innovation in Deutschland untersucht. Das Kapitel ist wie folgt aufgebaut: In Abschnitt 1 werden die wichtigsten innovationspolitischen Strategien in Deutschland erörtert. Abschnitt 2 befasst sich mit der direkten und indirekten öffentlichen Förderung von FuE und Innovation. Abschließend werden in Abschnitt 3 die Maßnahmen der Initiative „Von der Idee zum Markterfolg“ beschrieben.

5.1. Innovationspolitische Strategien

Wie viele andere Länder nutzt auch Deutschland zunehmend nationale Strategien, um den Fokus auf F&I-Anstrengungen zu richten, sie zu fördern und auf ihnen aufzubauen und um damit zusammenhängende breiter gefasste Veränderungen herbeizuführen. Diese Strategien betreffen eine Reihe thematischer und technologischer Bereiche. So dient die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geleitete Energiewende, die eine starke Innovationskomponente aufweist, als nationale Strategie Deutschlands für einen nachhaltigen Umbau der Energieversorgung (Tabelle 5.1). Neben übergeordneten Leitstrategien gibt es in Deutschland eine Reihe weiterer technologiespezifischer Initiativen in Bereichen wie künstliche Intelligenz (KI) und Wasserstoff. Sie zeigen, wie wichtig es ist, im Inland Kompetenzen in Zukunftstechnologien auf- und auszubauen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und die mit der Transformation verbundenen Ziele zu erreichen. Andere Strategien und Programme beziehen sich auf spezielle Technologien und Themen, insbesondere in Verbindung mit der Digitalisierung, wie z. B. Photonik, Mikroelektronik, Hochleistungsrechnen, Sicherheit und Datenschutz in der Informationstechnologie (IT), Kommunikationstechnologien und -materialien der Zukunft sowie zivile Sicherheit.

Einige Strategien fallen in den Zuständigkeitsbereich eines einzigen Ministeriums, während es sich bei anderen um ressortübergreifende Programme handelt. In der Regel werden die Strategien durch eine Kombination aus neuen und bestehenden, von den jeweiligen Ministerien finanzierten Programmen umgesetzt. Das Monitoring und die Evaluation der einzelnen Strategien können also auf Basis bestehender Routineverfahren durchgeführt werden. Ressortübergreifende Strategien werden fast immer von einem einzigen Ministerium geleitet, das Monitoring und die Evaluation bedürfen jedoch einer Abstimmung zwischen den einzelnen Ministerien. Dies war ein besonderes Problem bei der F&I-Strategie, bei der bis zur aktuellen vierten Auflage auf Strategieebene nur sehr wenige Evaluationen in Auftrag gegeben wurden. Die Hightech-Strategie 2025 umfasst 12 Missionen, und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung wurde beauftragt, eine Echtzeit-Evaluation durchzuführen.

Tabelle 5.1. Überblick über ausgewählte nationale Strategien und Programme im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation

Strategie/Programm	Beginn	Leitung	Sonstige	Abstimmungsmechanismus	Anwendungsbereich
Energiewende	2000	BMWK ab 2014	4 Ministerien, Länder, Bundesbehörden, Industrie, Regulierungsbehörden	BMWK	F&I und Umsetzung
Pakt für Forschung und Innovation	2005	BMBF, Länder	-	BMBF, Länder	Öffentliche Forschungseinrichtungen, DFG
Exzellenzinitiative	2005	BMBF	WR, DFG	DFG	Hochschulen
Hightech-Strategie	2006	BMBF	Alle Ministerien	BMBF	F&I
Bioökonomiestrategie	2010	BMBF	BMEL	BMBF	F&I
Industrie 4.0	2013	BMBF, BMWK	Unternehmen, Wirtschaftsverbände, Länder, Transfer-Netzwerk, Forschungsbeirat, Fraunhofer-Gesellschaft	Lenkungskreis Ministerien/Industrie	F&I, Umsetzung, Verbreitung
KI	2018	BMBF, BMWK, BMAS	Andere Ministerien	BMBF	F&I
Quantentechnologien	2018	BMBF, BMWK, BMVg, BMI		Abstimmungsrunden zwischen den beteiligten Ministerien	FuE
Wasserstoff	2020	BMWK	Andere Ministerien	Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff; Nationaler Wasserstoffrat	F&I und Umsetzung

Anmerkung: DFG = Deutsche Forschungsgemeinschaft; BMAS = Bundesministerium für Arbeit und Soziales; BMBF = Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMI = Bundesministerium des Innern und für Heimat; BMVg = Bundesministerium der Verteidigung; BMWK = Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; WR = Wissenschaftsrat.

Quelle: Websites verschiedener Ministerien.

Viele der für Deutschland wichtigen Dokumente zur WTI-Politik sind stark themenspezifisch auf mehrere Bereiche ausgerichtet, die für die nachhaltige und digitale Transformation wichtig sind, auch wenn sie sich nicht ausschließlich mit diesen Politikfeldern befassen. Dies erklärt sich zum Teil aus der zunehmenden Horizontalität bei der Gestaltung der deutschen WTI-Politik, da wichtige strategische Dokumente, die als Leitlinien für das WTI-System dienen sollen, eine große Zahl an Querverweisen auf bisher getrennte Technologie- und Wissensbereiche enthalten. Dementsprechend stehen viele Strategien, die sich auf einen bestimmten Technologiebereich konzentrieren, auch mit sozioökonomischen Ergebnissen, wie Teilhabe und Resilienz, in Zusammenhang. Aus OECD-Analysen von Strategiedokumenten lassen sich beispielsweise eine Reihe von Beobachtungen darüber ableiten, wie Politikverantwortliche die Rolle verschiedener Bereiche von WTI zum Erreichen bestimmter sozioökonomischer Ergebnisse einschätzen (Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2. Prioritäten der deutschen WTI-Politik 2018–2022

Nachhaltigkeit	Teilhabe	Resilienz	Wettbewerbsfähigkeit	Digitalisierung
<p>Nachhaltigkeit gilt als Leitprinzip für die notwendigen Transformationen, insbesondere für die Innovationspolitik, die mit der Zusage verknüpft ist, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.</p> <p>Unter anderem sind folgende Sektoren, Bereiche und Technologien betroffen:</p> <p>Wasserstoff</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromobilität/ Batterieproduktion • Maschinelles Lernen/KI 	<p>Im Transformationskontext steht bei der Teilhabe die regionale Chancengleichheit im Mittelpunkt. Sie gilt als wichtige Komponente, um in bestimmten Technologiebereichen wie KI, der Automobilindustrie und anderen Branchen sowie in regionalen Innovationszentren durch Bottom-up-Innovationsprozesse die für die WTI-Politik festgelegten Ziele zu erreichen. Bei der sozialen Teilhabe geht es darum, die Digitalisierung zu nutzen, um Ungleichheiten im Bildungsbereich und in der öffentlichen Verwaltung abzubauen. Gleichzeitig soll die F&I-Politik regionale Innovationsökosysteme stärken, um Ungleichheiten zu verringern.</p> <p>Unter anderem sind folgende Sektoren, Bereiche und Technologien betroffen:</p> <p>Automobilindustrie und andere Industriezweige und ihre regionalen Zulieferer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildungswesen • Öffentliche Verwaltung 	<p>Während der Transformation beziehen sich Resilienzziele auf die Sicherung von Wertschöpfungsketten und die Stärkung der Katastrophenvorbeugung sowie auf spezifische Zusagen zur Stärkung des Gesundheitssystems, zur Steigerung der Attraktivität von Arbeitsplätzen im Gesundheitswesen und zur Förderung der Digitalisierung des Gesundheitssystems.</p> <p>Unter anderem sind folgende Sektoren, Bereiche und Technologien betroffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesundheitswesen • Globale Wertschöpfungsketten • Kritische Infrastrukturen • Katastrophenvorbeugung und zivile Verteidigung • Geschäftskontinuität in wesentlichen Bereichen 	<p>Bei der Wettbewerbsfähigkeit geht es vor allem um die Verbesserung der Ressourcen- und Energieeffizienz, die Unterstützung der Klimaagenda und die Nutzung der Digitalisierung zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in WTI. Technologische Souveränität wird als zentrale Säule der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit angesehen. Die Zusagen haben u. a. die Entwicklung von Kompetenzzentren und regionalen Zentren in den Bereichen KI, Quantentechnologie, Wasserstoffforschung, Kommunikationstechnologien der Zukunft (6G) und Cybersicherheit zum Gegenstand.</p> <p>Unter anderem sind folgende Sektoren, Bereiche und Technologien betroffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energie und Klima • Maschinelles Lernen/KI • Quantentechnologie • Wasserstoff • Kommunikationstechnologien der Zukunft (6G) • Cybersicherheit 	<p>Digitalisierung gilt für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als unverzichtbar und ist für die Lösung von Teilhabe-problemen von entscheidender Bedeutung. Die Bundesregierung hat sich zur Digitalisierung des Bildungs- und Gesundheitswesens verpflichtet.</p> <p>Unter anderem sind folgende Sektoren, Bereiche und Technologien betroffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildungswesen • Gesundheitswesen

Quelle: Einhoff, McGuire und Paunov (erscheint demnächst^[2])

5.1.1. Strategie für Forschung und Innovation

Eines der wichtigsten nationalen Strategiedokumente für WTI ist die F&I-Strategie, die derzeit in der vierten Fassung unter dem Titel „Hightech-Strategie 2025“ vorliegt (BMBF, 2021^[3]). Eine neue Strategie mit dem Titel „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ wird im Herbst 2022 veröffentlicht. Die F&I-Strategie wird zwar vom BMBF geleitet und hauptsächlich von ihm finanziert, sie wird aber mit allen anderen Ministerien abgestimmt und von allen mitfinanziert. Mehrere Bereiche fallen in den Zuständigkeitsbereich des BMWK. Die F&I-Strategie hat sich seit ihrer Einführung vor mehr als 15 Jahren erheblich weiterentwickelt. In ihrer jetzigen Form ist sie eine der deutlichsten Ausprägungen der missionsorientierten WTI-Politik in Deutschland.

Unter dem Dach der ersten F&I-Strategie, die als „Hightech-Strategie“ (HTS) bezeichnet und 2006 eingeführt wurde, sollten die bestehenden innovationspolitischen Maßnahmen der einzelnen Ressorts der Bundesregierung, die WTI fördern, koordiniert werden. Mit der HTS sollte eine F&I-Politik „aus einem

Guss“ geschaffen werden. Erreicht werden sollte dies durch die Koordinierung und Abstimmung der Programme und Politikmaßnahmen der Bundesregierung. Diese Zielsetzung wurde in allen vier Auflagen der jeweils in einer Legislaturperiode veröffentlichten F&I-Strategie beibehalten. Die erste F&I-Strategie war noch technologieorientiert, da in ihr 17 Technologiefelder von besonderem Interesse festgelegt wurden, die in den Zuständigkeitsbereich und das Interessensgebiet mehrerer Ministerien fielen. Da diese Technologiefelder wie auch die Politikprogramme und -maßnahmen in vielerlei Hinsicht eine Fortsetzung der bisherigen Politikmaßnahmen waren, wurde die HTS von Beobachter*innen und Analyst*innen als „alter Wein in neuen Schläuchen“ kritisiert. Darüber hinaus lässt sich in der HTS keine Integration oder Schnittstelle mit den innovationspolitischen Maßnahmen von Bund und Ländern oder auf europäischer Ebene feststellen.

Aus heutiger Sicht hat die F&I-Strategie jedoch zu deutlichen innovationspolitischen Veränderungen und zu messbaren Auswirkungen geführt. Neben den Auswirkungen, die die ressortübergreifende und sogar ressortinterne Gesamtkoordinierung hat, wurden mehrere neue Politikansätze und Perspektiven eingeführt. Beispielsweise fand nach der Einführung der HTS eine zusätzliche Koordinierung und Integration auf der unteren Ebene einzelner Maßnahmenprogramme statt. So wurden frühere KMU-Instrumente des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (jetzt Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz – BMWK) wie PRO-INNO, NEMO und INNOWATT in das neue Förderprogramm ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) integriert, das zum wichtigsten und effektivsten KMU-Programm Deutschlands wurde und mit einem Jahresbudget von über 500 Mio. EUR nach wie vor eines seiner größten Innovationsprogramme ist. Im Rahmen dieser ersten F&I-Strategie wurden neue Politikansätze wie der Spitzencluster-Wettbewerb (der 2019 in Clusters4Future umbenannt wurde) und die Exzellenzinitiative ins Leben gerufen. Die HTS führte zum Pakt für Forschung und Innovation, der außeruniversitären Forschungsorganisationen die Verantwortung für die Budgetplanung überträgt. Im Gegenzug verpflichteten sich diese, sich besser zu koordinieren, intensiver zusammenzuarbeiten und zu übergeordneten Politikzielen beizutragen.

In der HTS wurden ausdrücklich übergeordnete Politikziele wie das 3-Prozent-Ziel (d. h. 3 % des BIP sollen für FuE ausgegeben werden) und das 10-Prozent-Ziel (10 % des BIP sollen für Bildung, Wissenschaft und Forschung ausgegeben werden) festgelegt. Während die öffentliche Sichtbarkeit des 10-Prozent-Ziels langsam abnahm und dieses Ziel in späteren Legislaturperioden nicht mehr explizit aufgegriffen wurde, wurde das 3-Prozent-Ziel kontinuierlich erreicht und in der 2018 verabschiedeten Fassung der Hightech-Strategie auf 3,5 % erhöht. Bis zum Ende der ersten F&I-Strategie hatte sich die Zahl der Forscher*innen im deutschen Innovationssystem in öffentlichen und privaten Forschungslabors um mehr als 100 000 erhöht und der Anteil der FuE-Ausgaben am BIP war von 2,5 % im Jahr 2006 auf 2,9 % im Jahr 2010 gestiegen. Aufgrund der weltweiten Finanzkrise und der verzögerten Hebelwirkung öffentlicher Ausgaben waren die öffentlichen Haushalte in dieser ersten Legislaturperiode allerdings stärker angestiegen. Die erste F&I-Strategie hat dem Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation definitiv einen größeren Platz in der Agenda der Politikverantwortlichen und sonstigen Akteure eingeräumt und zu einer besseren Sichtbarkeit und höheren Budgets geführt.

2010 hat die Bundesregierung eine aktualisierte und überarbeitete Fassung der Hightech-Strategie verabschiedet. In dieser Fassung wurde stärker und konkreter betont, dass die globalen und gesellschaftlichen Herausforderungen für die F&I-Politik von zentraler Bedeutung sind. Dabei wurden fünf Herausforderungen identifiziert: Klima und Energie, Gesundheit und Ernährung, Mobilität, Sicherheit und Kommunikation (BMBF, 2021^[3]). Außerdem sollte die F&I-Politik auf bestimmte Missionen ausgerichtet werden, und es wurden mehrere „Zukunftsprojekte“ vorgeschlagen, u. a. „Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt“, „Krankheiten besser therapieren mit individualisierter Medizin“, „Nachhaltige Mobilität“ und „Industrie 4.0“ (BMW, 2021^[4]). 2014 und 2018 wurden Folgeversionen der Hightech-Strategie eingeführt. Sie sind das deutlichste Beispiel für missionsorientierte Politikansätze in Deutschland.

Die Analyse der F&I-Strategie zeigt, dass Deutschland in Bezug auf die Identifizierung und Verbreitung von Missionen in wichtigen Strategiedokumenten (insbesondere der HTS 2025) ehrgeiziger als andere Länder war. Die Erfahrungen mit der missionsorientierten Innovationspolitik sind allerdings noch begrenzt, und es ist noch näher zu untersuchen, wie sie im Kontext starker Ministerien am besten koordiniert werden kann.

5.1.2. Pakt für Forschung und Innovation

Der Pakt für Forschung und Innovation läuft seit 2005 über Zeiträume von jeweils fünf Jahren (BMBF, o. J.^[5]). Er wurde zwischen Bund (BMBF) und Ländern geschlossen, um die institutionelle Förderung der vier großen öffentlichen Forschungseinrichtungen (PRO) und der DFG stabil und vorhersagbar anheben zu können. Ursprüngliche Ziele waren, ihre Stärke und Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen, die Kooperation und Koordination der Forschung voranzutreiben, Nachwuchs zu fördern, neue Forschungsbereiche zu erschließen und die Vernetzung mit der Wirtschaft durch Zusammenarbeit mit bestehenden Unternehmen und Ausgründungen zu verbessern. Im Gegenzug müssen die Organisationen bestimmte politikbezogene Leistungsziele erreichen:

- Pakt I (2005–2010) sah eine nominale Steigerung der Zuwendungen um 3 % pro Jahr vor.
- Pakt II (2011–2015) hatte sehr ähnliche Ziele, bot aber einen Budgetzuwachs von 5 % pro Jahr.
- Pakt III (2016–2020) sah erneut eine Erhöhung des Budgets um 3 % pro Jahr vor. In Pakt III wurden die bestehenden Ziele größtenteils beibehalten, allerdings enthielt er auch die Anforderung, interne Prozesse familienfreundlicher zu gestalten und in den Führungsgremien der begünstigten Organisationen einen Frauenanteil von mindestens 30 % zu erreichen.
- Pakt IV (2021–2030) hat eine Laufzeit von zehn Jahren, nach fünf Jahren wird er jedoch einer Überprüfung unterzogen. Er sieht einen jährlichen Budgetzuwachs von 3 % und bei den meisten der bestehenden Zielvorgaben keine Kursänderung, sondern vielmehr eine Präzisierung vor.

Exzellenzinitiative

Die Exzellenzinitiative wurde 2005 ins Leben gerufen, um Eliteuniversitäten zu schaffen, die sich im internationalen Wettbewerb mit weltweit führenden Universitäten messen lassen können (DFG, o. J.^[6]). Von 2006 bis 2017 stellte sie 4,6 Mrd. EUR an zusätzlichen Forschungsgeldern für Hochschulinrichtungen bereit (d. h. rd. 420 Mio. EUR pro Jahr). Parallel dazu wurden im Rahmen des (lehrorientierten) Hochschulpakts von 2007 bis 2020 zusätzliche Mittel in Höhe von 4,5 Mrd. EUR zur Verfügung gestellt (d. h. rd. 320 Mio. EUR pro Jahr).

Die Exzellenzinitiative hat ihre Wurzeln in den 1990er Jahren, als die Leistungsfähigkeit deutscher Universitäten zunehmend als durchschnittlich wahrgenommen wurde (Möller, 2018^[7]) und der Wunsch aufkam, sich dem Modell der prestigeträchtigen „exzellenten“ Forschungsuniversitäten anzunähern, die in den internationalen Hochschulrankings tendenziell an der Spitze stehen. Wie andere europäische Länder hat Deutschland diesen Ansatz verfolgt, um in allen Regionen über starke Forschungsuniversitäten zu verfügen und allen eine starke, lokal zugängliche Hochschulbildung zu bieten.

Die ersten zwei Runden der Exzellenzinitiative wurden 2005/2006 durchgeführt, 2012 folgte eine weitere Runde. Die formalen Ziele der Initiative waren:

- qualitativ hochwertige Forschung im Interesse der Wirtschaft fördern
- exzellente Wissenschaftler*innen und Forscher*innen an den Universitäten und in der deutschen Industrie mobilisieren und halten
- interdisziplinäre Spitzenforschung zur Bewältigung des demografischen Wandels und der internationalen Wettbewerbsfähigkeit fördern

- angesichts der großen Herausforderung durch anglo-amerikanische Hochschulen und der raschen Entwicklung von Spitzenuniversitäten in Asien die Rankings der besten deutschen Universitäten verbessern

Die Exzellenzinitiative wurde im Auftrag des BMBF von der DFG und dem Wissenschaftsrat durchgeführt. In ihrem Rahmen wurden 40 Graduiertenschulen eingerichtet und 30 Exzellenzcluster gefördert; Universitäten, die in beiden Kategorien gewonnen hatten, erhielten eine weitere Förderung und durften den Titel „Exzellenzuniversität“ tragen (DFG, 2019_[8]). Ein Großteil der im Rahmen der Initiative bereitgestellten Mittel ging an starke bestehende Universitäten, insbesondere in Süddeutschland. Angesichts der Tatsache, dass die Forschungsproduktivität (in Bezug auf die Zahl der Publikationen pro Professor*in) und die Zahl der Zitierungen pro Publikation bei allen Universitäten zugenommen haben, sind die Auswirkungen der Exzellenzinitiative nicht klar erkennbar. Während das Produktivitätsgefälle zwischen Exzellenz- und anderen Universitäten zwischen 2004 und 2011 sehr hoch blieb, haben Nicht-Exzellenzuniversitäten bei der Zahl der Zitierungen mit Exzellenzuniversitäten fast gleichgezogen (Stockinger, 2018_[9]). 2019 wurde die Exzellenzinitiative von der Exzellenzstrategie abgelöst. Mit ihr werden keine Graduiertenschulen mehr gefördert, sondern nur Exzellenzuniversitäten und Exzellenzcluster (BMBF, 2019_[10]).

Die Exzellenzinitiative scheint dazu beigetragen zu haben, dass die begünstigten Universitäten ihre Gesamtausgaben für Forschung rascher erhöhen konnten. Außerdem war die Wahrscheinlichkeit, zwischen 2003 und 2012 wettbewerblich vergebene Forschungsmittel zu erhalten, für begünstigte Universitäten deutlich höher als für nicht begünstigte Universitäten (Möller, 2018_[7]). Bibliometrischen Analysen zufolge hatte die Initiative den Effekt, dass ein größerer Teil der hochzitierten Veröffentlichungen den begünstigten Universitäten zugerechnet werden konnte, beim deutschen Universitätssystem insgesamt jedoch keine Leistungssteigerung zu beobachten war (Möller, Schmidt und Hornbostel, 2016_[11]).

5.1.3. Andere thematische innovationspolitische Strategien

KI-Strategie

2018 hat die Bundesregierung die Nationale Strategie für Künstliche Intelligenz (KI) verabschiedet und sie im Jahr 2020 angepasst und aktualisiert (Bundesregierung, 2020_[12]). Die Strategie war das Ergebnis eines deutschlandweiten Onlinekonsultationsverfahrens, von Expertenforen mit Fachleuten aus Forschung und Industrie sowie einer kurzen Reihe von Beratungsstudien, in denen die Chancen und Möglichkeiten in Deutschland untersucht und die KI-Strategien anderer Länder verglichen wurden. Die Strategie wurde erarbeitet, weil Deutschland in der KI-Forschung zwar gut aufgestellt war, die Bundesregierung aber angesichts der zögerlichen Einführung von KI in Deutschland auf die enormen Investitionen, die im Ausland in die KI-Forschung und -Anwendung fließen, reagieren musste. Das BMBF, das BMWK und das BMAS haben die Federführung für die KI-Strategie, doch auch andere Ministerien wirken in bestimmten, in ihren Zuständigkeitsbereich fallenden Nischen mit, wenn diese zu den potenziellen Einsatzgebieten von KI gehören.

Die KI-Strategie konzentriert sich auf die „schwache“ KI, d. h. die Entwicklung von im Wesentlichen unterstützenden Systemen. Im Gegensatz dazu stehen KI-Systeme, deren Ziel es ist, ein intelligentes Verhalten zu erreichen, das menschliche Fähigkeiten imitiert oder übertrifft. Der Schwerpunkt liegt also eher auf angewandter FuE als auf Grundlagenforschung. Künstliche Intelligenz soll die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft unterstützen oder sichern. Mit der Strategie werden drei zentrale Ziele verfolgt:

- Deutschland (und Europa) zu einem führenden KI-Standort machen und so zur Sicherung der künftigen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands beitragen
- eine verantwortungsvolle und gemeinwohlorientierte Entwicklung und Nutzung von KI voranbringen
- im Rahmen eines breiten gesellschaftlichen Dialogs und einer aktiven politischen Gestaltung KI ethisch, rechtlich, kulturell und institutionell in die Gesellschaft einbetten

Die Strategie umfasst zwölf Handlungsfelder mit spezifischen Maßnahmen, u. a.: Stärkung der Forschungsförderung und des Transfers von Forschungsergebnissen; Erweiterung der bi- und multilateralen Forschungszusammenarbeit; Aufbau von Kompetenzzentren, Anwendungshubs, Clustern, Testfeldern und KI-Observatorien; Unterstützung von KMU im KI-Bereich, Start-up-Finanzierung und Förderangebote im Bereich Wagniskapital; Verbesserung der Datenarchitektur; Stärkung der beruflichen Weiterbildungsmaßnahmen und der Kompetenzen im KI-Bereich; Aktualisierung der Leitlinien für den Einsatz von KI; Verbreitung von Informationen über KI-Anwendungen in der Gesellschaft und Einrichtung eines sozialen Dialogs über KI. Die Förderung, die sich ursprünglich auf 3 Mrd. EUR belief, wurde nach der Veröffentlichung eines Fortschrittsberichts auf 5 Mrd. EUR erhöht.

Die KI-Strategie geht über die traditionellen Programme für „Schlüsseltechnologien“ hinaus, da der ethischen und sozialen Verantwortung eine zentrale Bedeutung zukommt und schon frühzeitig Regulierungsbehörden eingebunden werden. Bis vor Kurzem fehlten ihr jedoch spezifische und messbare Ziele. Andere Akteure und die breite Öffentlichkeit werden zudem nur in begrenztem Maße einbezogen. Darüber hinaus ist sie weniger eng mit nachfrageseitigen Maßnahmen verbunden und die Rolle der Bürger*innen wurde nicht eindeutig festgelegt. Es handelt sich daher um eine zwar weitreichende und gut durchdachte, aber traditionelle F&I-Strategie, die im Wesentlichen davon ausgeht, dass KI eine „Plug-in“-Technologie innerhalb des bestehenden soziotechnischen Systems sein wird.

Die Energiewende und die Nationale Wasserstoff- und Bioökonomiestrategie

Das BMWK ist federführend bei einer großen nationalen und multidisziplinären Strategie, der Energiewende, bei der die Energieaspekte der nachhaltigen Transformation im Mittelpunkt stehen. Angesichts der Bedeutung, die der Entwicklung und Vermarktung von Technologien zukommt, die sowohl die Dekarbonisierung der deutschen Wirtschaft unterstützen als auch die künftige Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Privatsektors steigern können, überschneidet sich die Energiewende stark mit der WTI-Politik (Kuittinen und Velté, 2018^[13]). Die gemeinsam vom BMBF und dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) erarbeitete Nationale Bioökonomiestrategie 2020 zielt darauf ab, das Potenzial der Bioökonomie für Deutschland zu maximieren und Deutschlands Rolle als führender Standort der Bioökonomie zu stärken (BMBF und BMEL, 2020^[14]). Die ressortübergreifende Nationale Wasserstoffstrategie wurde 2020 veröffentlicht (BMW, 2020^[15]). In Kapitel 11 werden diese Strategien detailliert beschrieben.

Strategische Initiativen zum Quantencomputing

Im Rahmen des 2018 gestarteten Rahmenprogramms „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ stellte die Bundesregierung zwischen 2018 und 2022 650 Mio. EUR für die Erforschung von Quantentechnologien bereit (BMBF, 2018^[16]). Anfang 2020 verkündete die Bundesregierung zudem, dass zusätzliche 300 Mio. EUR in diese Technologie fließen sollen. Schließlich kommen aus dem Mitte 2020 beschlossenen Konjunktur- und Zukunftspaket der Bundesregierung zusätzliche 2 Mrd. EUR hinzu, wovon rd. 1,1 Mrd. EUR auf BMBF-Fördermittel für diesen Forschungsbereich entfallen.

In diesem Sinne fördert das BMBF im Rahmen der 2021 veröffentlichten Bekanntmachung („Quantenprozessoren und Technologien für Quantencomputer“) die Entwicklung von Quantencomputer-Hardware, d. h. von Quantencomputer-Demonstrationsaufbauten in Deutschland. Ziel ist es, innerhalb von fünf Jahren die Forschung an wettbewerbsfähigen deutschen Quantencomputern mit mindestens 100 individuell ansteuerbaren Qubits zu fördern, die auf mindestens 500 Qubits skalierbar sind. Dazu sollen die vielversprechendsten technologischen Ansätze verfolgt werden. Die Systeme sollen auf einheimischen bzw. europäischen Forschungsergebnissen aufbauen und den Anwender*innen umfassend zugänglich gemacht werden, beispielsweise durch entsprechende Anbindung an eine Cloud. Die Arbeiten sollen den Grundstein dafür legen, dass in zehn bis fünfzehn Jahren ein fehlerkorrigiertes System zur Lösung einer universellen Klasse an Problemen zur Verfügung steht, um damit einen breiten Nutzen für Wirtschaft und Gesellschaft zu erzielen. Antragsberechtigt sind Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft sowie Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.

Flankiert werden diese Maßnahmen durch die Bekanntmachung „Anwendungsnetzwerk für das Quantencomputing“ des BMBF. Damit sollen Projekte gefördert werden, die Quantenalgorithmen und Quantensoftware entwickeln, um das Potenzial des Quantencomputings in verschiedenen Anwendungsgebieten wie Energieversorgungsnetzen oder der industriellen Fertigung zu erschließen.

5.2. Direkte und indirekte öffentliche Förderung von FuE und Innovation in Deutschland

Obwohl der Unternehmenssektor die größte Finanzierungsquelle für FuE in Deutschland ist, spielt der Staat – sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene – eine wichtige Rolle bei der F&I-Förderung. Die Förderinstrumente und -ansätze des Staates – sei es die institutionelle Förderung der Grundlagenforschung, die Schaffung gezielter Förderprogramme für bestimmte Akteure oder Technologien oder die indirekte Förderung durch die neu geschaffene Forschungszulage – sind in vielerlei Hinsicht die stärksten Hebel, die ihm zur Gestaltung und Steuerung des deutschen Innovationssystems zur Verfügung stehen.

5.2.1. Zuständigkeiten von Bund und Ländern in FuE und Innovation

In Deutschland wird der Policy-Mix von der Verantwortungsteilung zwischen Bund und Ländern bestimmt, und die Förderprogramme sind in der Regel eher auf das Verarbeitende Gewerbe als auf Dienstleistungsunternehmen ausgerichtet. Der Bund trägt den Großteil der Kosten für staatliche F&I-Aktivitäten. Allerdings gibt es nur wenige Programme, die andere innovationsbezogene Tätigkeiten als FuE finanzieren. Hinzu kommt, dass diese Programme selbst relativ klein sind. In der Praxis wird Innovationspolitik hauptsächlich auf der Ebene der Bundesländer betrieben, die entsprechend ihren individuellen Merkmalen im Allgemeinen ihre eigenen Innovationsstrategien verfolgen und umsetzen. Dadurch bietet sich auch die Möglichkeit, große Summen aus den Europäischen Strukturfonds in die Innovationstätigkeit in den ärmeren Bundesländern fließen und gleichzeitig die reicheren Bundesländer für die Innovationspolitik auf ihrem eigenen Gebiet zahlen zu lassen. Der kombinierte Effekt besteht darin, dass sich der föderale Policy-Mix nicht auf spätere Phasen des Innovationsprozesses, sondern auf formale FuE und Technologietransfer konzentriert. Das dominante Instrument der Innovationspolitik ist die direkte FuE-Förderung in Form von Kooperationszuschüssen für Konsortien, die Akteure aus der öffentlichen Forschung und der Industrie zusammenbringen.

5.2.2. FuE-Finanzierung des Bundes

Die Bundesregierung finanziert FuE über verschiedene Finanzierungsmechanismen und Bundesministerien; die größten Beiträge leisten das BMBF (54,3 % der gesamten FuE-Finanzierung des Bundes im Jahr 2019) und das BMWK (17,7 % der gesamten FuE-Finanzierung des Bundes im Jahr 2020) (BMBF, 2021^[17]).

Der Großteil der staatlichen institutionellen Förderung für öffentliche Forschungseinrichtungen und Forschungsförderungseinrichtungen (wie die DFG, deren Anteil an der gesamten FuE-Finanzierung des Bundes 45 % ausmacht) wird aus dem Haushalt des BMBF finanziert. Ein weiterer Schwerpunkt der FuE-Finanzierung durch das BMBF ist die Projektförderung im Rahmen von thematischen Programmen wie Gesundheit; Umwelt, Klimaschutz und Nachhaltigkeit; Mikroelektronik; Hochleistungsrechnen; Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), einschließlich Kommunikationstechnologien der Zukunft; Cybersicherheit; Nanotechnologie und neue Materialien; Bioökonomie; Produktionstechnologie; Photonik; Quantentechnologien; zivile Sicherheit sowie Bildungs-, Geistes- und Sozialwissenschaften.

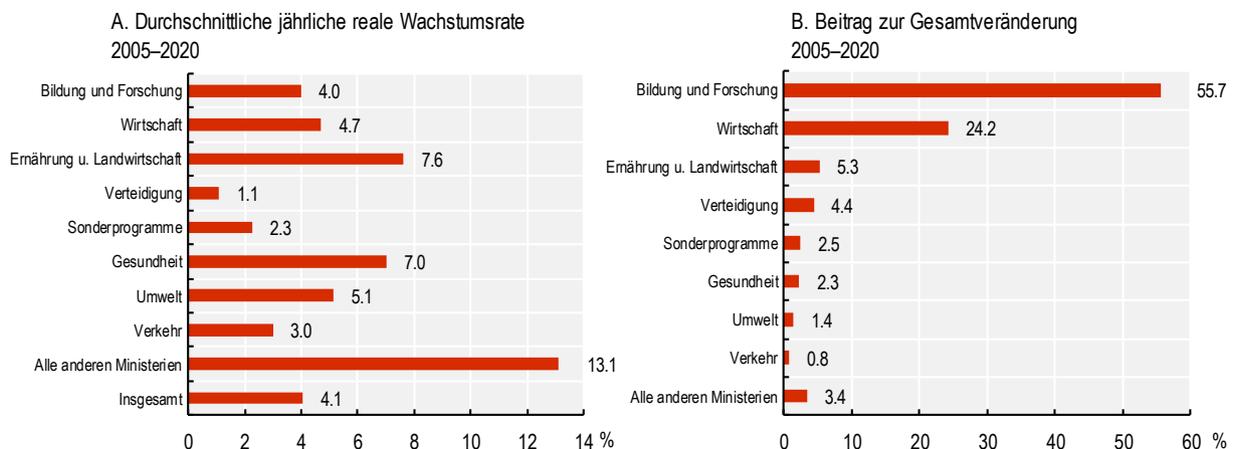
Das BMWK seinerseits finanziert FuE hauptsächlich über projektbezogene Programme, darunter das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) und einige thematische Forschungsprogramme (in den Bereichen Energie, Luft- und Raumfahrttechnologien, Verkehrstechnologien und einigen Bereichen der

IKT). 2019 trug das BMVg 7 % zur gesamten FuE-Finanzierung des Bundes bei, vor allem durch die Förderung großer FuE-Projekte im Verteidigungsbereich (einschließlich Beschaffung). Das BMEL verfügt über den viergrößten Haushalt für FuE (3,6 % im Jahr 2019) innerhalb der Bundesregierung. Alle anderen Bundesministerien übernahmen 2019 5,3 % der gesamten FuE-Finanzierung des Bundes; 3,0 % des FuE-Budgets des Bundes sind für Sonderprogramme vorgesehen, die keinem der Bundesministerien zugeordnet sind. 2019 galt dies vor allem für den „Energie- und Klimafonds“, der die FuE-Finanzierung für bestimmte Initiativen des Bundes, darunter die Initiative Elektromobilität, bereitstellt.

Wie aus Abbildung 5.1 hervorgeht, war die beträchtliche Steigerung der FuE-Finanzierung des Bundes von 2005 bis 2020, die sich auf eine durchschnittliche jährliche reale Wachstumsrate (CARGR) von +4,1 % belief, ungleichmäßig auf die Bundesministerien verteilt: 55,7 % der Steigerung entfielen auf den Haushalt des BMBF (+4,0 %) und 24,2 % auf den des BMWK (+4,7 %). Überdurchschnittliche Wachstumsraten bei der FuE-Finanzierung werden für die Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (+7,6 %), Gesundheit (+7,0 %) und Umwelt (+5,1 %) sowie für alle Ministerien mit geringer absoluter FuE-Finanzierung (+13,1 %) ausgewiesen. Unterdurchschnittliche Steigerungen wurden für die Bundesministerien für Verkehr (+3,0 %) und Verteidigung (+1,1 %) sowie für die nichtministeriellen Sonderprogramme (+2,3 %) angegeben.

Abbildung 5.1. Veränderung der FuE-Finanzierung des Bundes, 2005 bis 2020, nach Bundesministerien

Durchschnittliche jährliche reale Wachstumsrate (CARGR) (links) und Beitrag zur Gesamtveränderung (rechts)



Quelle: BMBF (2021^[18]), „Ausgaben des Bundes für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach Ressorts“, Zeitreihe 1991–2021, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.4.pdf> (Abruf: 1. März 2022).

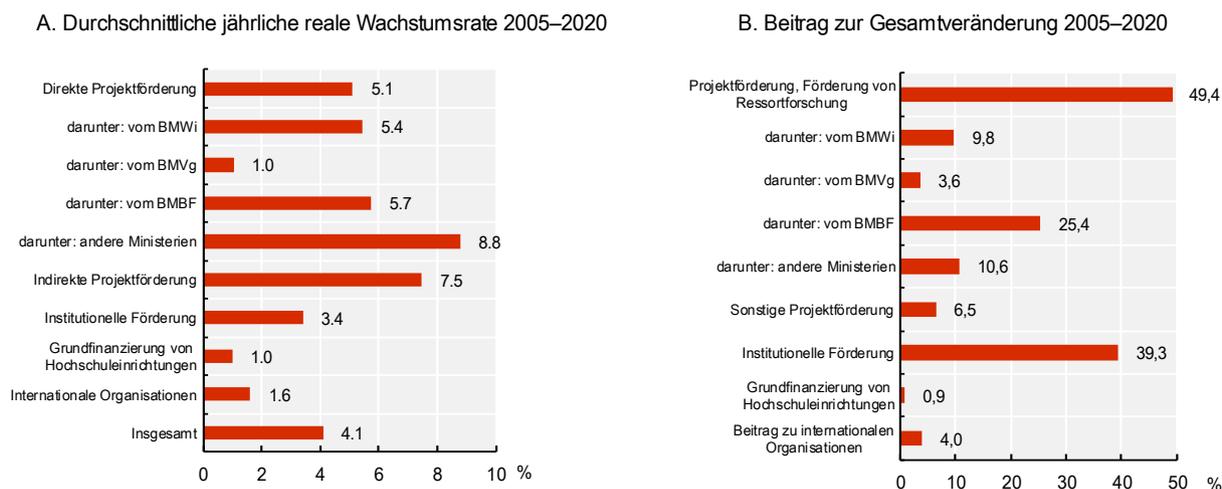
Die Bundesregierung stellt die FuE-Finanzierung im Wesentlichen über zwei Kanäle bereit: die Projektförderung von FuE-Projekten (die entweder auf die Entwicklung spezifischer Technologien ausgerichtet sind, was in vielen Regierungsdokumenten als „direkte“ Förderung bezeichnet wird, oder auf die Verbreitung von Technologien, was als „indirekte“ Förderung bezeichnet wird) und die institutionelle Förderung von öffentlichen Forschungseinrichtungen (einschließlich der DFG). Die Projektförderung (einschließlich Auftragsforschung) machte 2020 49,5 % der gesamten FuE-Finanzierung des Bundes aus. Der Anteil der institutionellen Förderung (wozu u. a. spezielle Förderprogramme des Bundes für Hochschuleinrichtungen, hauptsächlich für Gebäude und andere Anlageinvestitionen, gehören) betrug 44,5 %. Der Rest (6,1 %) entfiel auf internationale Organisationen und internationale FuE-Programme.

Zwischen 2005 und 2020 wurden 55 % des Anstiegs der FuE-Finanzierung des Bundes über Projektförderung und 40 % über institutionelle Förderung verteilt, was einer leichten Verschiebung zugunsten der

Projektförderung entspricht. Dies spiegelt sich auch in der höheren CARGR der Projektförderung im Vergleich zur institutionellen Förderung wider (Abbildung 5.2).

Abbildung 5.2. Veränderung der FuE-Finanzierung des Bundes, 2005–2020, nach Hauptförderinstrumenten

CARGR (links) und Beitrag zur Gesamtveränderung (rechts)



Quelle: BMBF (2021^[19]), „Ausgaben des Bundes für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach Förderarten“, Zeitreihe 1991–2020, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.7.pdf> (Abruf: 20. April 2022).

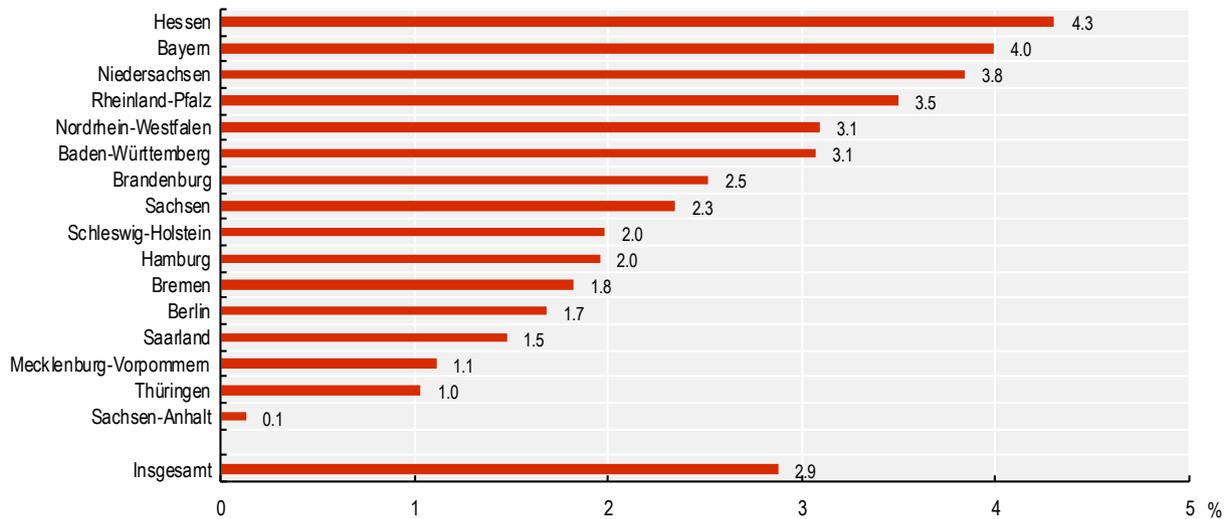
Die FuE-Finanzierung des Bundes kommt verschiedenen Empfängergruppen zugute. 2019 gingen 50,1 % der gesamten FuE-Finanzierung an öffentliche Forschungseinrichtungen (einschließlich staatlicher Stellen), 10,7 % an Hochschuleinrichtungen, 12,6 % an die DFG (deren Anteil hauptsächlich Hochschuleinrichtungen zugewiesen wurde), 18,3 % an Unternehmen (einschließlich eines sehr geringen Anteils an Unternehmen im Ausland) und 8,3 % an internationale Organisationen. Diese Relationen haben sich zwischen 2005 und 2020 nicht wesentlich verändert, wenngleich einige Verschiebungen festzustellen sind. Die FuE-Finanzierung für Hochschuleinrichtungen und die DFG stieg deutlich schneller an (+5,8 bzw. +6,8 %), was auf ein stärkeres Engagement der Bundesregierung bei der Förderung der Hochschulforschung im Rahmen der „Exzellenzinitiative“ hinweist. Für die öffentlichen Forschungseinrichtungen wurde eine CARGR von 3,5 % angegeben, was leicht unter der durchschnittlichen CARGR der FuE-Finanzierung des Bundes liegt (+3,9 %). Die für Unternehmen (+3,1 %) sowie für internationale Organisationen und Programme und andere Empfänger im Ausland (+2,6 %) bereitgestellte FuE-Finanzierung stieg langsamer an.

5.2.3. FuE-Finanzierung der Länder

Zwischen 2005 und 2017 ist die FuE-Finanzierung der Länder um 2,9 % (CARGR) gestiegen, dieser Anstieg war jedoch ungleich auf die 16 Bundesländer verteilt (Abbildung 5.3). Mehrere Regionen mit starken Industriestrukturen, darunter Hessen, Bayern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg, verzeichneten überdurchschnittliche Wachstumsraten. Zugleich wiesen die Stadtstaaten (Hamburg, Bremen und Berlin) und alle fünf ostdeutschen Bundesländer (Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen und Sachsen) einen unterdurchschnittlichen Zuwachs der FuE-Finanzierung auf.

Abbildung 5.3. Veränderung der FuE-Finanzierung der Bundesländer, 2005–2017, nach Bundesländern

Durchschnittliche jährliche reale Wachstumsrate (%)

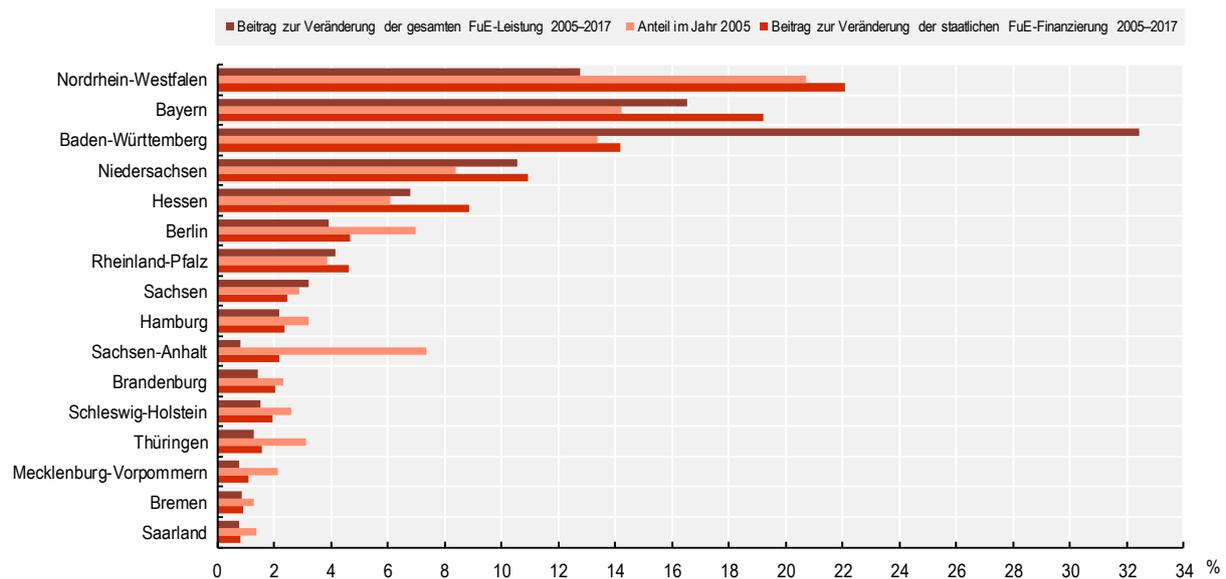


Quelle: BMBF (2021^[20]), „Regionale Aufteilung der FuE-Ausgaben der Bundesrepublik Deutschland (Durchführung) und der staatlichen FuE-Ausgaben der Länder (Finanzierung)“, Zeitreihe 2007–2018, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.11.pdf> (Abruf: 1. März 2022)

Der Gesamtanstieg der zwischen 2005 und 2017 von den Bundesländern bereitgestellten FuE-Finanzierung (rd. 5 Mrd. EUR) war hauptsächlich fünf Ländern – Nordrhein-Westfalen, Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Hessen – zu verdanken. Ihr Beitrag belief sich zusammen auf 75 % (Abbildung 5.4). Ihr 2017 geleisteter Beitrag war deutlich höher als 2005 zu Beginn der Expansionsphase (63 %). Das bedeutet, dass die Ausweitung der FuE-Förderung durch die Landesregierungen die Position der großen westdeutschen Bundesländer, die über ein starkes Innovationssystem verfügen, gestärkt hat. Sowohl 2005 als auch 2017 betrug der Anteil dieser fünf Bundesländer an der gesamten FuE-Leistung (von Unternehmen, Hochschuleinrichtungen und öffentlichen Forschungseinrichtungen) in Deutschland 78 %, was vor allem auf Ausgaben des Unternehmenssektors zurückzuführen ist, da die meisten FuE-intensiven Großunternehmen in diesen Bundesländern angesiedelt sind.

Die unterschiedliche Dynamik der FuE-Finanzierung durch die Landesregierungen ist vor allem auf zwei Faktoren zurückzuführen. Erstens ist der finanzpolitische Spielraum der Regierungen eng mit der Branchenstruktur, dem Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt und den Kosten der lokalen Sozialausgaben verbunden. Insofern sind die großen westdeutschen Bundesländer bei der Bereitstellung zusätzlicher FuE-Fördermittel flexibler als die ostdeutschen Bundesländer oder die Stadtstaaten. Zweitens ist die FuE-Finanzierung durch die Landesregierungen eng an die Förderung von Hochschuleinrichtungen und öffentlichen Forschungseinrichtungen geknüpft. Die seit 2006 erfolgte Ausweitung von FuE im deutschen Wissenschaftssystem steht in engem Zusammenhang mit der Exzellenzinitiative und dem Pakt für Forschung und Innovation, die beide auf Finanzierungsprogrammen von Bund und Ländern beruhen. Daher sind Gliedstaaten mit einem starken Wissenschaftssystem besser aufgestellt, um zusätzliche Fördermittel des Bundes zur weiteren Stärkung ihrer Hochschuleinrichtungen und öffentlichen Forschungseinrichtungen zu mobilisieren, entweder über eine Ausweitung der institutionellen Förderung oder über zusätzliche Projektförderung (z. B. über das Forschungsförderprogramm LOEWE des Landes Hessen).

Abbildung 5.4. Beitrag zur Gesamtveränderung der FuE-Finanzierung der Bundesländer, 2005– 2017, nach Bundesländern



Quelle: BMBF (2021^[20]), „Regionale Aufteilung der FuE-Ausgaben der Bundesrepublik Deutschland (Durchführung) und der staatlichen FuE-Ausgaben der Länder (Finanzierung)“, Zeitreihe 2007–2018, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.11.pdf> (Abruf: 1. März 2022)

Es ist wichtig zu wissen, dass die FuE-Finanzierung einer (von vielen) Mechanismen ist, um die geringere Wettbewerbsfähigkeit der strukturschwachen ost- und westdeutschen Bundesländer (z. B. Saarland, Bremen und Berlin) auszugleichen. Durch die Finanzierung des großen Sektors der Hochschuleinrichtungen und öffentlichen Forschungseinrichtungen in diesen Ländern soll die Attraktivität dieser Regionen für Investitionen des privaten Sektors erhöht werden. Erreicht werden soll dies durch ein ausreichendes Angebot an gut ausgebildeten Arbeitskräften und eine Wissensinfrastruktur für die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen. Daher ist der Anteil der staatlichen FuE-Finanzierung am BIP in den ostdeutschen Bundesländern sowie in Berlin, Bremen und im Saarland am höchsten. Zugleich ist die im deutschen Grundgesetz vorgegebene Herstellung möglichst gleichwertiger Lebensverhältnisse in allen Regionen Deutschlands eine Priorität. In dieser Hinsicht spielt die Förderung öffentlicher Wissenschaft in allen Regionen eine wichtige Rolle. Folglich unterscheidet sich die von den Ländern getragene Pro-Kopf-Finanzierung von FuE nicht wesentlich in den einzelnen Ländern. Eine Ausnahme bilden die Stadtstaaten (die höhere Werte aufweisen) und die Bundesländer in der Nähe großer Metropolregionen (wie Brandenburg und Schleswig-Holstein), die niedrigere Werte aufweisen, da sie von wissenschaftlichen Instituten in den Metropolregionen (wie Berlin und Hamburg) bedient werden.

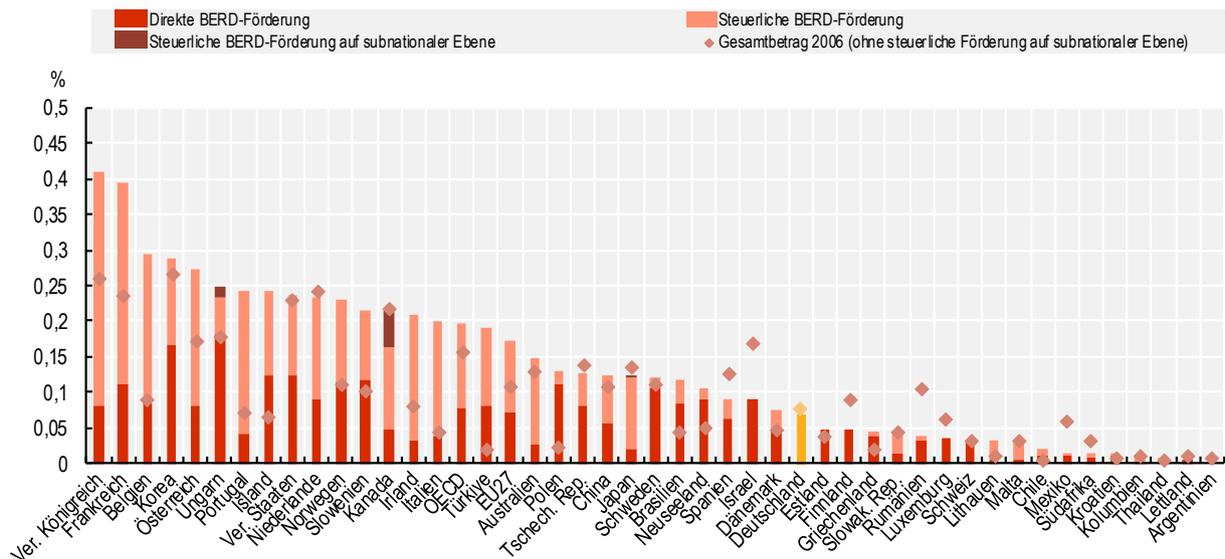
5.2.4. Indirekte Finanzierung von Innovation: FuE-Steergutschrift

2020 hat Deutschland eine FuE-Steergutschrift eingeführt, um Anreize für Unternehmen (insbesondere KMU) zu schaffen, ihre Forschungsausgaben zu erhöhen. Ausgabenbasierte Steueranreize für FuE sind in allen OECD-Ländern gang und gäbe, um Marktversagen im FuE-Bereich zu beheben: 2017 machten sie in den OECD-Ländern rd. 55 % der gesamten staatlichen Förderung für unternehmensbasierte FuE aus, im Vergleich zu 30 % im Jahr 2000 (OECD, o. J.^[21]). 2020 hat Deutschland zum ersten Mal ein Politikinstrument eingeführt, mit dem Steueranreize für FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors (BERD) in Höhe von bis zu 2 Mio. EUR pro Jahr gefördert werden (Abbildung 5.5). Im Rahmen des Corona-Hilfspakets wurde die Bemessungsgrundlagenhöchstgrenze bis Ende 2025 auf 4 Mio. EUR pro Unternehmen erhöht; ab 2026 wird sie wieder zum niedrigeren Niveau zurückkehren. Der als „Forschungszulage“

bekannte Steueranreiz ermöglicht es Unternehmen, 25 % ihrer Aufwendungen für das interne FuE-Personal und bis zu 60 % der externen FuE-Aufwendungen für Auftragsforschung, die von im Europäischen Wirtschaftsraum ansässigen Auftragnehmern ausgeführt wird, steuerlich geltend zu machen.

Abbildung 5.5. Direkte staatliche Förderung und steuerliche Förderung für unternehmensbasierte FuE, 2019 und 2006

In Prozent des BIP



Quelle: OECD (o. J.^[21]), OECD-Datenbank für FuE-Steueranreize, <http://oe.cd/rdtax>, April 2022.

Die Steuergutschrift ist eine willkommene Ergänzung zu den Politikinstrumenten, die zur Förderung von Wissenschaft, Technologie und Innovation in Deutschland zur Verfügung stehen. Mehrere Unternehmen, die an Fokusgruppen für diesen Bericht teilnahmen, merkten an, dass das Antragsverfahren für die Forschungszulage aufwendig sei. Dies spiegelt zum Teil grundsätzliche bürokratische Herausforderungen wider und könnte kleinere Unternehmen mit geringeren internen Verwaltungskapazitäten davon abhalten, diese steuerliche Fördermaßnahme zu beantragen.

5.2.5. Förderung thematischer Programme

Deutschland gewährt erhebliche Fördermittel für bestimmte Technologiebereiche, die aktuell und in Zukunft für den Erfolg der nachhaltigen und digitalen Transformation von Bedeutung sind. Diese Programme decken ein breites Themenspektrum ab, darunter Elektronik und Mikroelektronik, Hochleistungsrechnen, fortgeschrittene IKT (einschließlich Kommunikationstechnologien der Zukunft), Cybersicherheit, Luft- und Raumfahrttechnologien, Werkstoffe, maritime Technologien, Nanotechnologien, Quantentechnologien, optische Technologien und Photonik, Produktions- und Dienstleistungstechnologien sowie zivile Sicherheit. Viele dieser Förderprogramme sind eng mit der Industrie verknüpft. Die Zuständigkeiten und Budgets sind zwischen dem BMBF und dem BMWK aufgeteilt. Das BMBF führt Programme zur strategischen, anwendungsorientierten Grundlagenforschung (Technologiereifegrade 1 bis 3) zu den Themen Gesundheit, Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energie, Mobilität, städtische und ländliche Entwicklung, Sicherheit sowie Wirtschaft und Arbeit 4.0 durch. Das BMWK fördert Maßnahmen der angewandten FuE, um die Vermarktung von Forschungsergebnissen zu unterstützen, z. B. in den Bereichen industrielle Biotechnologie und Leichtbau. Einige andere Programme sind zunächst thematisch offen, ab der Durchführungsphase jedoch thematisch fokussiert. In Abschnitt 5.3 werden die Finanzierungsmodalitäten mehrerer Schlüsselprogramme beschrieben.

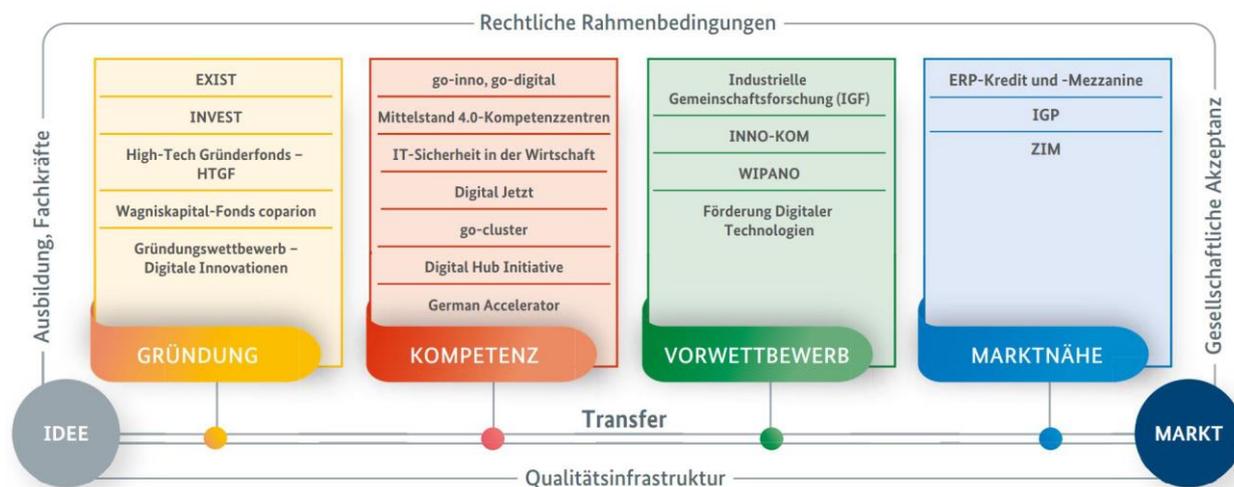
5.2.6. Programme mit internationaler Perspektive

Das BMBF und das BMWK beteiligen sich nicht nur am Forschungsrahmenprogramm der EU, an EUREKA und an verschiedenen multilateralen Forschungsorganisationen wie der Europäischen Organisation für Kernforschung und dem Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie, sondern führen auch Programme durch, die deutsche Forschungsakteure bei der Entwicklung von Internationalisierungsstrategien und Unternehmen beim Aufbau kleiner FuE-Partnerschaften unterstützen. 2017 hat das BMBF seine „Strategie zur Internationalisierung von Bildung, Wissenschaft und Forschung“ (2008) aktualisiert, um neuen Trends und Herausforderungen (wie der Digitalisierung) Rechnung zu tragen. Im Mittelpunkt der Strategie stehen die weltweite Kooperation, die Weiterentwicklung des Europäischen Forschungsraums, die internationale Vernetzung von Unternehmen (insbesondere KMU) und die Zusammenarbeit mit Schwellen- und Entwicklungsländern im Bereich der beruflichen Bildung. Mit dem zugehörigen Förderprogramm werden sowohl akademische Einrichtungen als auch KMU unterstützt (BMBF, o. J.^[22]). Die Programme des BMWK verfügen ebenfalls über spezielle Förderportfolios für die internationale Zusammenarbeit. Im Rahmen des Wettbewerbs „Existenzgründungen aus der Wissenschaft“ werden mit der Förderrichtlinie „EXIST-Potentiale“ zum Beispiel Hochschulen und Cluster gefördert, um die Internationalisierung von Start-ups zu unterstützen. Darüber hinaus stellt das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) spezielle Fördermittel für internationale innovative und kooperative FuE-Netzwerke bereit (BMWK, 2022^[23]; BMWi, 2017^[24]).

5.3. „Von der Idee zum Markterfolg“ und verwandte Programme

Viele Förderprogramme des BMWK für angewandte FuE laufen unter der Dachinitiative „Von der Idee zum Markterfolg“ (BMWi, 2021^[25]). Da der Mittelstand für das deutsche Innovationssystem und ganz allgemein für die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit des Landes eine wichtige Rolle spielt, unterstützt das BMWK KMU-Innovationen mit einer Vielzahl von Förderinstrumenten.

Abbildung 5.6. Von der Idee zum Markterfolg: Förderinstrumente und Maßnahmen



Quelle: BMWi (2021^[25]).

Das Programm „Von der Idee zum Markterfolg“, das auf die Förderung eines innovativen Mittelstands abzielt, umfasst die wichtigsten innovationspolitischen Instrumente des BMWK (Abbildung 5.6). Jede der vier Programmfamilien ist auf spezifische Herausforderungen zugeschnitten, denen sich Unternehmen während des Innovationsprozesses gegenübersehen: frühe Produktentwicklung und Förderung („Gründung“), Kompetenzentwicklung („Kompetenz“), vorwettbewerbliche Aspekte des Technologietransfers

(„Vorwettbewerb“) und Hindernisse beim Markteintritt („Marktnähe“). Neben direkter Unterstützung soll das übergreifende Programm ein innovationsfreundliches Ökosystem, gesellschaftliche Akzeptanz der Innovationsprozesse sowie eine funktionierende Qualitätsinfrastruktur fördern.

5.3.1. Programme zur Gründungsförderung

Ziel der ersten Programmfamilie, „Gründung“, ist es, Start-ups in den frühen Phasen des Innovationsprozesses zu unterstützen und insbesondere der fehlenden Förderung von vorkommerziellen Innovationen und Geschäftsideen entgegenzuwirken. Innovative Start-ups werden u. a. mit einem Maßnahmenpaket aus FuE-bezogenen Maßnahmen, besseren Finanzierungsbedingungen, der Förderung von Gründungsvorhaben an Hochschulen sowie Beratungs- und Informationsdienstleistungen unterstützt. Drei der wichtigsten Instrumente für innovative Gründungen sind die Programme EXIST, INVEST und der High-Tech Gründerfonds (HTGF).

Existenzgründungen aus der Wissenschaft (EXIST)

Seit Ende der 1990er Jahre werden im Rahmen des EXIST-Programms unter Federführung des BMWK Gründungsvorhaben und Ausgründungen an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen gefördert. EXIST ist eines der am längsten laufenden Innovationsprogramme (BMWK, o. J.^[26]). Sein Ziel ist es, das Gründungsklima an Hochschulen und Forschungseinrichtungen zu verbessern, das damals noch nicht sehr ausgeprägt war, sich aber seitdem verbessert hat. Das Programm unterstützt Studierende, Hochschulabsolvent*innen und Wissenschaftler*innen bei der Vorbereitung ihrer technologieorientierten und wissensbasierten Existenzgründungen. EXIST begann mit der Förderung von fünf Modellregionen, ist jedoch in mehreren Phasen ausgeweitet worden und hat in den letzten zwei Jahrzehnten den langsamen, aber kontinuierlichen Ausbau der Entrepreneurship-Ausbildung im deutschen Hochschulsystem maßgeblich unterstützt. Das Programm bietet Gründerstipendien für angehende Unternehmer*innen in Höhe von bis zu 3 000 EUR pro Monat und kommt für Sachkosten in Höhe von bis zu 30 000 EUR auf. Darüber hinaus stellt es den teilnehmenden Hightech-Start-ups in der Förderphase bis zu 250 000 EUR und nach der Unternehmensgründung bis zu 180 000 EUR zur Verfügung. Hochschulen können außerdem eine Förderung für projektbezogene Ausgaben in Höhe von bis zu 100 000 EUR während der frühen Konzeptphase (sechs Monate) und bis zu 2 Mio. EUR während der anschließenden Projektphase (bis zu vier Jahre) erhalten.

Zuschuss für Wagniskapital (INVEST)

Seit 2013 unterstützt INVEST junge innovative Unternehmen, die auf der Suche nach Wagniskapital sind, sowie private Investor*innen, die Business Angels werden möchten (BAFA, o. J.^[27]). Seit seiner Einführung hat das Programm Wagniskapital in Höhe von mehr als 900 Mio. EUR zur Verfügung gestellt. Investitionen in innovative Start-ups werden mit einem Erwerbszuschuss von bis zu 500 000 EUR pro Jahr gefördert. Außerdem können Investor*innen einen Exitzuschuss erhalten, wenn sie ihre Anteile veräußern. Mit dem Erwerbszuschuss von INVEST können pro Unternehmen Gesamtinvestitionen im Wert von bis zu 3 Mio. EUR pro Kalenderjahr unterstützt werden. Die in Bezug auf einen Veräußerungsgewinn geschuldeten Steuern werden durch den Exitzuschuss pauschal abgegolten.

High-Tech Gründerfonds (HTGF)

Mit dem HTGF hat die Bundesregierung eine leistungsfähige, plattformbasierte Förderstruktur für Start-ups geschaffen, mit der auch bei nicht primär wissenschaftsorientierten Gründungen die besten und relevantesten Ideen aus der Wissenschaft gefördert werden können (HTGF, o. J.^[28]). Der HTGF ist zweifelsohne das zentrale Instrument des Bundes zur Förderung vielversprechender innovativer Start-ups. Als Plattform mit eigenen Investment-Manager*innen kombiniert er verschiedene öffentliche und private Fördermittel. Seit seiner Gründung im Jahr 2005 hat der HTGF in mehr als 600 Unternehmen investiert

und mehr als 150 erfolgreiche Exits und Börsengänge realisiert. Er verwaltet ein Portfolio von nahezu 900 Mio. EUR. Der Fonds stellt nicht nur Kapital zur Verfügung, sondern bietet jungen Start-ups auch die notwendige operative Unterstützung: Er gewährt eine erste Finanzierung von bis zu 1 Mio. EUR und stellt in der Regel insgesamt bis zu 3 Mio. EUR pro Unternehmen bereit. In seiner ersten Phase (bis November 2011) gewährte der Fonds Finanzierungen in Höhe von insgesamt 272 Mio. EUR. Der Nachfolgefonds (HTGF II) stellte 304 Mio. EUR bereit. Ein dritter Fonds, der HTGF III, wurde im dritten Quartal 2017 mit einem Finanzierungsvolumen von 319,5 Mio. EUR aufgelegt. Zusätzlich zur Unterstützung durch das BMWK und die KfW Capital wurden mehr als 30 % der Summe von 33 privaten Investoren – entweder etablierten KMU oder Großunternehmen – aufgebracht. Die Voraussetzungen für eine Finanzierung sind erfolversprechende Forschungsergebnisse, eine innovative technologische Basis und eine aussichtsreiche Marktsituation. Unter der Koordination der KfW und verschiedener lokaler Entwicklungsbanken gibt es weitere Förderprogramme, deren Förderschwelle jedoch in der Regel deutlich niedriger ist. Eine neue Generation des Fonds (HTGF IV) mit einem Investitionsvolumen von mehr als 400 Mio. EUR wurde im Juni 2022 angekündigt (BMWK, 2022^[29]).

Weitere Fördermaßnahmen der Programmfamilie „Gründung“

Drei weitere Initiativen ergänzen diese erste Programmsäule. Der **Wagniskapital-Fonds coparion** mit einem Fondsvolumen von 275 Mio. EUR wird aus dem Sondervermögen des European Recovery Program (ERP), von der KfW Capital und der Europäischen Investitionsbank finanziert (coparion, o. J.^[30]). Gemeinsam mit privaten Investor*innen investiert der Fonds in Beteiligungskapital, um Start-ups und KMU zu fördern, die maximal zehn Jahre alt sind und innovative Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen entwickeln. Über das ebenfalls aus dem ERP-Sondervermögen finanzierte Förderprogramm **ERP-VC-Fondsinvestments** kann die KfW Capital maximal 19,99 % bzw. 25 Mio. EUR in deutsche und europäische Wagniskapitalfonds und „Venture Debt“-Fonds investieren. Zur Stärkung des Wagniskapitalangebots und der Start-up-Landschaft stehen im Rahmen dieses Programms insgesamt 180 Mio. EUR pro Jahr zur Verfügung. Der seit 2021 alle sechs Monate stattfindende **„Gründungswettbewerb – Digitale Innovationen“** soll innovative Start-ups im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) unterstützen. In jeder Wettbewerbsrunde werden bis zu sechs Gründungsideen mit Gründungspreisen von jeweils 32 000 EUR und bis zu 15 weitere Gründungsideen mit Geldpreisen von jeweils 7 000 EUR ausgezeichnet. Zusätzlich wird in jeder Wettbewerbsrunde ein Sonderpreis in Höhe von 10 000 EUR vergeben, der sich thematisch an der Digitalen Agenda der Bundesregierung orientiert.

5.3.2. Programme zur Stärkung der Innovationskompetenz

Die zweite Programmfamilie, „Kompetenz“, bietet Unternehmen eine direkte Förderung und Beratungsleistungen zur Verbesserung ihrer (digitalen) Kompetenzen. Darüber hinaus werden innovative Cluster und Unternehmen gefördert, sowohl regional als auch im Ausland. Die „go“-Programme und die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren sind zwei der wichtigsten Instrumente dieser zweiten Familie.

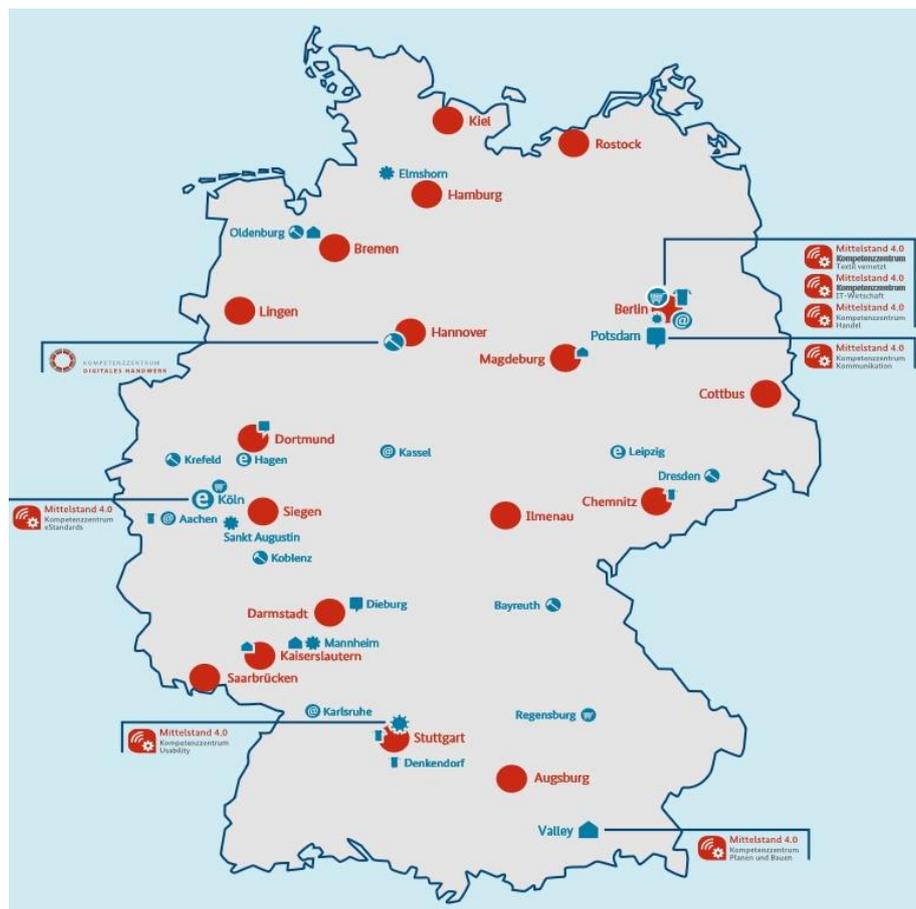
go-inno und go-digital

Mit den Programmen „go-inno“ und „go-digital“ werden externe Management- und Beratungsleistungen im Zusammenhang mit Produkt- und technischen Verfahrensinnovationen sowie digitalen Geschäftsprozessen gefördert (BMWK, o. J.^[31]). Das Programm go-inno ist speziell auf die Vorbereitung und Durchführung von Produkt- und technischen Verfahrensinnovationen ausgerichtet und thematisch nicht auf bestimmte Technologien, Produkte, Branchen oder Industriezweige beschränkt. Das Förderprogramm go-digital unterstützt die begünstigten Unternehmen mit Fachberatung durch autorisierte Beratungsunternehmen, um die Umsetzung notwendiger Maßnahmen in den Bereichen Digitalisierungsstrategie, IT-Sicherheit, digitalisierte Geschäftsprozesse, Datenkompetenz und digitale Markterschließung zu unterstützen. Die Programme go-digital und go-inno decken 50 % der Ausgaben für externe Beratungsleistungen ab, bei einem maximalen Beratertagesatz von 1 100 EUR.

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren

Seit 2015 hat das BMWK im Rahmen der Förderbekanntmachung „Mittelstand 4.0“ insgesamt 26 Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren aufgebaut, die deutschlandweit verteilt sind (Abbildung 5.7) (BMW, 2020^[32]). Diese Zentren agieren als regionale und themenbezogene Anlaufstellen für KMU und haben ganz wesentlich zur Sensibilisierung der mittelständischen Wirtschaft in Bezug auf die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung beigetragen. Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren bieten neutrale, kostenfreie Informationen, Anschauungs- und Erprobungsmöglichkeiten, Qualifikation und Begleitung, einschließlich Workshops, Besichtigungen von Demonstrationsfabriken, Treffen mit Expert*innen und praktische Unterstützung für KMU, die eine eigene digitale Lösung entwickeln. Die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren sind eigenständige Konsortien aus Hochschulen, Fraunhofer-Instituten und weiteren externen Partnern (z. B. Handelskammern). Innerhalb dieser Konsortien übernimmt jeder Partner eine bestimmte Rolle in seinem Kompetenzbereich (z. B. 3D-Druck, flexible Fertigung oder neue Geschäftsmodelle). Alle Partner arbeiten zusammen, um das übergreifende Thema der digitalen Transformation voranzubringen. Die internen Evaluationsberichte der Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren zeigen, dass von den Zentren viele positive Effekte ausgehen. KMU, die an konkreten Entwicklungsprojekten beteiligt waren, profitierten in besonderem Maße von der Unterstützung durch die Expert*innen der jeweiligen Kompetenzzentren.

Abbildung 5.7. Standorte der Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren, 2020



Anmerkung: Rote Punkte weisen auf die Geschäftsstellen der Kompetenzzentren hin. Blaue Punkte entsprechen den Anlaufstellen der Themenzentren.

Quelle: BMW (2020^[32]), „Förderschwerpunkt Mittelstand-Digital – Die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren“, Stand: 01/2020, BMW, Berlin, https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/Factsheets/faktenblatt-mittelstand4.0.pdf?__blob=publicationFile&v=5.

Die Art und Weise, wie KMU durch diese Fördermaßnahme erreicht und bei der Digitalisierung unterstützt werden, kann als Erfolgsgeschichte bezeichnet werden, insbesondere für KMU, die zumindest ein grundlegendes Interesse an digitalen Technologien oder eine gewisse digitale Affinität hatten. Die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren dürften erheblich dazu beitragen, den Einsatz digitaler Technologien in KMU zu beschleunigen (BMWi, 2019^[33]). Allerdings ist eine allgemeinere Beurteilung der Auswirkungen dieser Fördermaßnahme methodologisch herausfordernd, wie im Bericht des Ministeriums festgestellt wird, da neben den Kompetenzzentren auch mehrere andere Einrichtungen (z. B. Wirtschaftsverbände, Handelskammern und Softwareanbieter) die digitale Transformation von KMU unterstützen.

Deutschland ist nicht das einzige OECD-Land, das mit neuen Einrichtungen zur Demonstration und Erprobung neuer Technologien experimentiert. Wie die deutschen Kompetenzzentren sollen die norwegischen „Katapult-Zentren“ den Einsatz und die Verbreitung digitaler Technologien fördern. Ähnliche Initiativen aus anderen Ländern umfassen finanzielle Unterstützung für Investitionen in digitale Technologien und andere Unterstützungsleistungen (z. B. das „KMU-Programm für intelligente Fertigung“ in Korea und Service Design Vouchers – Gutscheine für KMU des Verarbeitenden Gewerbes zur Entwicklung von produktbezogenen Dienstleistungen – in den Niederlanden) sowie die Verbesserung des Zugangs zu hochmodernen Einrichtungen und Expertise (z. B. durch Hochleistungsrechenzentren in vielen europäischen Ländern) (Planes-Satorra und Paunov, 2019^[34]).

Weitere Fördermaßnahmen der Programmfamilie „Kompetenz“

Zur zweiten Programmfamilie, „Kompetenz“, gehören eine Reihe weiterer Initiativen. Die Initiative **„IT-Sicherheit in der Wirtschaft“** wurde 2011 vom BMWK zusammen mit der Wirtschaft ins Leben gerufen, um KMU stärker für das Thema IT-Sicherheit zu sensibilisieren. Die Initiative unterstützt KMU hauptsächlich durch konkrete Maßnahmen und IT-Sicherheitsexpert*innen beim sicheren Einsatz ihrer IKT-Systeme und bei der Umsetzung grundlegender IT-Schutzmaßnahmen. Ein weiteres Ziel ist es, den Wissens- und Technologietransfer in die KMU zu erleichtern, das Bewusstsein für IT-Sicherheit zu schärfen und die Vernetzung mit Multiplikatoren und anderen Initiativen zu fördern. Die Transferstelle ist als virtuelle und mobile Transferstelle (Tourenbus-Mobil) sowie über 80 regionale Schaufenster bei Industrie- und Handelskammern zu erreichen (TISiM, 2019^[35]).

Ziel der Initiative **„Digital Jetzt – Investitionsförderung für KMU“** ist es, KMU in verschiedenen Branchen und Regionen zu ermutigen, in digitale Technologien und Know-how zu investieren, um ihre Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit zu stärken (BMWi, 2021^[25]). Die Förderung erfolgt in zwei Modulen. Das erste deckt Investitionen in digitale Technologien und damit verbundene Prozesse und Implementierungen ab, wie datengetriebene Geschäftsmodelle, KI, Cloud-Anwendungen, Big Data, IT-Sicherheit und Datenschutz. Mit dem zweiten werden Investitionen in die Qualifizierung der Mitarbeiter*innen zu Digitalthemen finanziert, darunter Qualifizierungen oder Weiterbildungen in den Bereichen digitale Transformation, digitale Strategie, digitale Technologien, IT-Sicherheit und Datenschutz, digitales und agiles Arbeiten sowie grundlegende digitale Kompetenzen.

Das Programm **„go-cluster“** unterstützt regionale Innovationscluster bei der Vernetzung und fördert den Austausch mit anderen nationalen und internationalen Clustern (BMWi, 2021^[25]). Im Rahmen des Programms werden als Projektförderung Zuwendungen in Höhe von bis zu 50 % der zuwendungsfähigen Gesamtausgaben oder maximal 100 000 EUR pro Projekt in den folgenden drei Förderschwerpunkten gewährt: 1. Förderung von Clustern, die neue Konzepte des strategischen Innovations- und Zukunftsmanagements entwickeln und pilotieren möchten, 2. Förderung von Clustern, die neue Handlungsfelder identifizieren, erschließen und zu einem Geschäfts- oder Erlösmodell entwickeln möchten und 3. Themenoffene Förderung für die Erarbeitung und Pilotierung neuer Clusterservices ohne vorherige thematische Festlegung sowie für Kooperationen bei Cross-Cluster-Projekten.

Die **Digital Hub Initiative** unterstützt in ganz Deutschland den Aufbau von Digital Hubs, die nach dem Vorbild des Silicon Valley deutsche und internationale Start-ups mit etablierten Unternehmen, Forscher*innen und Investor*innen in einer bestimmten Region verbinden (BMW, 2021^[25]). Die Hubs sollen die Vernetzung und Kooperation innerhalb und zwischen den Hubs fördern und als Plattformen für den Dialog mit globalen Marktführern und ausländischen Investor*innen dienen. Um diese Interaktionen zu erleichtern, hat die Initiative eine gemeinsame Marke („de:hub“) entwickelt und eine gemeinsame „Hub Agency“ geschaffen. Derzeit werden Anstrengungen unternommen, um eine internationale Marketingkampagne zu entwickeln, das Ansehen der Hubs im Ausland zu steigern und internationale Start-ups, Wissenschaftler*innen, Unternehmen und Investor*innen anzuziehen. Aktuell gibt es in 12 Städten Digital Hubs, die sich jeweils auf eine bestimmte Branche konzentrieren (z. B. IoT & Fintech in Berlin, KI in Karlsruhe und Digital Chemistry & Digital Health in Ludwigshafen/Mannheim) (Planes-Satorra und Paunov, 2019^[34]).

Der **German Accelerator** wurde 2012 ins Leben gerufen, um deutsche Start-ups bei ihrer internationalen Expansion zu unterstützen. An den Standorten in San Francisco, New York, Boston und Singapur werden die Start-ups von einem Team aus Business Angels und Mentor*innen begleitet (BMW, 2021^[25]). Die teilnehmenden Unternehmen erhalten neben kostenfreien Büroräumen Zugang zu einem globalen Netzwerk aus Partnern und Investor*innen. Seit dem Start des Programms haben mehr als 240 Start-ups erfolgreich an dem Programm teilgenommen und Fördermittel in Höhe von mehr als 3 Mrd. USD erhalten. Der German Accelerator wird von der German Entrepreneurship GmbH betrieben und vom BMWK unterstützt.

5.3.3. Programme zur Stärkung vorwettbewerblicher Forschung

Die dritte Programmfamilie, „Vorwettbewerb“, unterstützt gemeinsame FuE-Projekte von KMU und industriellen Forschungseinrichtungen sowie die kommerzielle Nutzung von Forschungsergebnissen. Ihre wichtigsten Programme sind „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF), „INNO-KOM“ und „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“.

Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)

2020 stellte die IGF 201 Mio. EUR für (überwiegend kooperative) FuE-Projekte bereit, die von den Forschungseinrichtungen der Mitgliedsorganisationen (30 % im Jahr 2020), Hochschuleinrichtungen (55 %) und öffentlichen Forschungseinrichtungen (15 %) durchgeführt wurden (BMW, 2021^[25]). KMU werden im Rahmen dieser Projekte zwar nicht direkt gefördert, wirken aber beratend und steuernd in FuE-Projekten mit und können die Projektergebnisse nutzen. Der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) zufolge waren 2020 nahezu 25 000 KMU an den 1 876 von der IGF geförderten Projekten beteiligt, was etwa 13 KMU pro Projekt entspricht. Eine Tochtergesellschaft der AiF ist auch beliehener Projektträger für ZIM-Kooperationsprojekte.

INNO-KOM

INNO-KOM fördert gemeinnützige Industrieforschungseinrichtungen in strukturschwachen ostdeutschen und seit 2017 auch westdeutschen Regionen entsprechend den Fördergebieten der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW) (BMW, 2021, S. 17^[25]). Im Rahmen des Programms werden jährlich rd. 75 Mio. EUR für FuE-Projekte und FuE-bezogene Investitionen bereitgestellt. Die FuE-Projekte werden in der Regel von den Forschungseinrichtungen ohne externe Partner durchgeführt. Der Wissenstransfer in die Industrie erfolgt durch Auftragsforschung für KMU und andere Unternehmen, die auf den Erkenntnissen und technischen Lösungen öffentlich finanzierter Projekte aufbaut.

WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen

WIPANO ist von zentraler Bedeutung, um die kommerzielle Nutzung öffentlicher Forschungsergebnisse über andere Kanäle als die Gründung von Start-ups zu fördern. Seit 2016 unterstützt das Programm

Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen bei der Identifizierung, der schutzrechtlichen Sicherung sowie der Verwertung von wirtschaftlich nutzbaren Ergebnissen aus der Forschung (BMW, 2021^[25]). Unternehmen (vor allem KMU), Hochschulen, Fachhochschulen und außeruniversitäre, öffentlich grundfinanzierte Forschungseinrichtungen können sich für eine von vier Förderlinien bewerben. Das Fördervolumen beträgt rd. 26 Mio. EUR pro Jahr.

5.3.4. Marktnähe

Die vierte Programmfamilie, „Marktnähe“, umfasst zwei große innovationspolitische Programme. Das 2019 ins Leben gerufene Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen (IGP) ist eine neue Pilotmaßnahme, mit der nichttechnische Innovationen von Selbstständigen, Start-ups und KMU gefördert werden. Häufig handelt es sich dabei um Innovationen im Digital- und Dienstleistungsbereich. Mit dem IGP werden verschiedene Projektformen gefördert, darunter experimentelle Projekte und Machbarkeits-tests, Markttests und Pilotprojekte sowie übergreifende Innovationsnetzwerke, die aus mindestens fünf KMU bestehen, durch Leistungen einer Netzwerkmanagementeinrichtung unterstützt werden und deren Akteure im gegenseitigen Austausch Wissen zu übergreifenden Innovationsthemen erarbeiten, Ideen entwickeln und Innovationen umsetzen.

Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Das wichtigste technologie- und branchenoffene Förderprogramm zur Unterstützung der FuE-Aktivitäten von KMU ist das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM). Sein Schwerpunkt liegt auf Kooperations- und Vernetzungsaktivitäten, durch die die Innovationskraft von KMU gestärkt werden soll (BMW, 2021^[25]). Das ZIM wurde 2008 vom BMWK gestartet, als mehrere Vorgängerprogramme im ZIM zusammengeführt wurden. Seit seiner Einrichtung im Juli 2008 und bis einschließlich Juni 2018 wurden über das ZIM über 28 000 Projekte von fast 18 000 Unternehmen gefördert; 47 % dieser Unternehmen waren Erstantragsteller (Kaufmann et al., 2019^[36]). 2019 wurden mit einem Fördervolumen von 559 Mio. EUR mehr als 3 550 Projekte unterstützt. Mit seinen drei Programmsäulen (FuE-Einzelprojekte, FuE-Kooperationsprojekte und Innovationsnetzwerke) ist das ZIM dem Volumen nach eines der wichtigsten Instrumente der deutschen Innovationspolitik.

Aus einer kürzlich durchgeführten Evaluation geht hervor, dass das ZIM aufgrund seines Bottom-up-Ansatzes (keine thematische Abgrenzung), der Fokussierung auf experimentelle Entwicklung in KMU, der Projektgrößen und geförderten Kostenarten sowie eines reduzierten Administrationsaufwands für Förderwerber eine gut definierte Position im nationalen Förderportfolio einnimmt (Kaufmann et al., 2019^[36]). Die Zahl der Antragsteller*innen, die zum ersten Mal über das ZIM gefördert werden, ist hoch, was ein positiver Indikator für die Offenheit des Programms ist. In der Evaluation des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand von Kaufmann et al. wurde festgestellt, dass die Teilnahme an dem Programm einen positiven Effekt auf die FuE-Umsatzintensität hatte. Für ein repräsentatives Unternehmen wird der Effekt auf 4–6 Prozentpunkte geschätzt – was ausgehend von einer durchschnittlichen FuE-Umsatzintensität von 4,3 % etwa einer Verdoppelung entspricht. Das ZIM hat die administrativen Anforderungen bereits erheblich gesenkt, weshalb es auch für KMU mit wenig FuE-Erfahrung infrage kommt.

Anders als die Förderprogramme des BMBF und der EU zielt das ZIM stark auf gelegentlich FuE-treibende Unternehmen ab. Die Anforderungen an den Innovationsgrad der beantragten Projekte und das Niveau der von den Unternehmen zu leistenden FuE-Beiträge begünstigen jedoch Unternehmen mit mehr FuE-Erfahrung. Eine empirische Analyse hat gezeigt, dass der Effekt primär auf der Ebene von zusätzlicher FuE in bereits FuE-aktiven Unternehmen existiert (Kaufmann et al., 2019^[36]). Das bedeutet, dass regelmäßig FuE-aktive Unternehmen ihr Niveau durch die Förderung leichter halten können und dass vorher unregelmäßig FuE-treibende Unternehmen im Bedarfsfall vermehrt Folgeprojekte durchführen. Zudem – aber in deutlich geringerem Maße – spricht das ZIM auch Unternehmen an, die ursprünglich kaum oder gar keine FuE betrieben haben. Die ZIM-Förderrichtlinien wurden 2020 angepasst und bieten nun bessere

Bedingungen für Kooperationsprojekte und Erstinnovatoren. Ein Grund für diese Anpassungen war die Notwendigkeit, eine größere Komplementarität zwischen dem ZIM und der neuen Forschungszulage sicherzustellen.

5.3.5. Verwandte Programme

In diesem Abschnitt werden andere Förderprogramme zusammengefasst, deren Ziele mit der Initiative „Von der Idee zum Markterfolg“ in Zusammenhang stehen.

Förderung von Clusterinitiativen

Auf Bundesebene gab es in Deutschland bisher eine beachtliche Anzahl an Clusterinitiativen, die bis in die 1990er Jahre zurückreichen. Das BMBF fördert traditionell ambitionierte, wissenschaftsbasierte Cluster, z. B. im Bereich der Biotechnologie. In jüngster Zeit förderte es den Spitzencluster-Wettbewerb (2007–2017), der 15 Exzellenzcluster und ihre Partner unterstützte, und aktuell führt es den Wettbewerb „Clusters4Future“ durch. Seit 2012 fördert das BMWK mit dem Programm „go-cluster“ Unterstützungs- und Beratungsleistungen statt Forschung und Entwicklung. Diese Initiativen werden durch mehrere regionale Clusterprogramme ergänzt. Beispielsweise hat das BMBF im Rahmen der Initiative „Innovation und Strukturwandel“ und früherer Programme in den neuen Bundesländern und in strukturschwachen Regionen Westdeutschlands eine Reihe regionaler Innovationsinitiativen durchgeführt, um regionale Disparitäten zu verringern. Seit den 1990er Jahren hat das BMBF über 500 regionale Initiativen gefördert, um regionale Innovationssysteme zu stärken.

Förderung wissenschafts- und technologiebasierter Start-ups

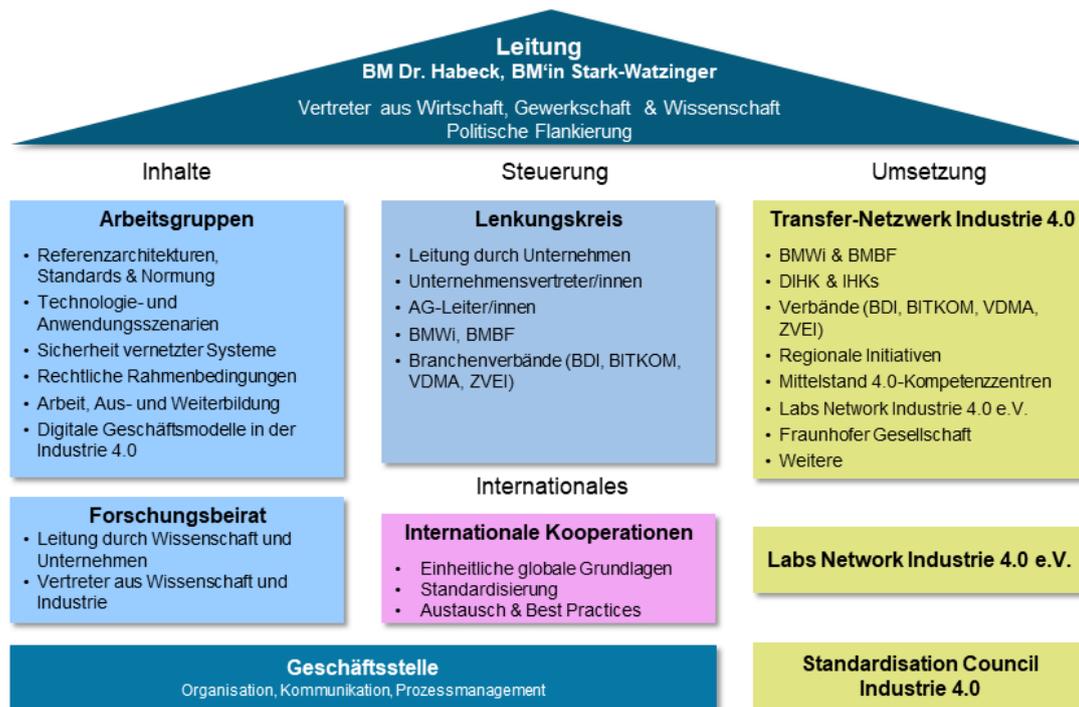
Das BMWK, das BMBF und die Landesregierungen bieten umfassende Fördermöglichkeiten für Start-ups in Wissenschaft und Technologie. Die BMBF-Fördermaßnahmen „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung (VIP+)“ und „Forschung an Fachhochschulen“ unterstützen Hochschulen bei der Weiterentwicklung wissenschaftlicher Ideen, indem sie sowohl FuE- als auch Validierungsprojekte (Proof-of-Concept) fördern, die häufig einen der ersten Schritte in der Innovationskette darstellen. Mit der BMBF-Initiative „StartUpSecure“ werden junge Unternehmen (insbesondere Start-ups) bei der Entwicklung neuer Ideen für die IT-Sicherheit unterstützt. Die BMBF-Fördermaßnahme „Enabling Startup – Unternehmensgründungen in den Quantentechnologien und der Photonik“ verfolgt das Ziel, innovative Ideen in den Quantentechnologien und der Photonik aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen über Ausgründungen in Richtung einer Anwendung und wirtschaftlichen Verwertung zu überführen. Dazu sollen insbesondere Verbünde aus einem Start-up und einer Hochschule oder Forschungseinrichtung gefördert werden.

Industrie 4.0

Industrie 4.0 ist eine Plattform, in der sich rund 150 Organisationen zusammengeschlossen haben. Ihr Ziel ist die Förderung, Koordinierung und Verbreitung von Informationen zu den Chancen, die eine fortgeschrittenere und systematische Digitalisierung der Produktion bietet. Im Rahmen der beiden Förderprogramme „Autonomik für Industrie 4.0“ und „Smart Service Welt“ stellt das BMWK knapp 100 Mio. EUR für FuE für Innovationen bereit (BMWK, o. J.^[37]). Das Projekt wurde 2013 von einem Arbeitskreis der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) vorgeschlagen, dem zahlreiche Mitglieder aus dem Verarbeitenden Gewerbe und der Forschung angehören (Forschungsunion und acatech, 2013^[38]). Das BMWK und das BMBF leiten die Plattform gemeinsam mit hochrangigen Vertreter*innen aus Wirtschaft und Forschung. Zu den wesentlichen Tätigkeiten gehören die Leitung von Arbeitsgruppen (vgl. Abbildung 5.8), um Lösungsansätze zu erarbeiten und zu koordinieren, sowie die Bereitstellung umfassender Informations- und Beratungsleistungen im Rahmen des Transfer-Netzwerks Industrie 4.0 (zu

dem auch regionale Zentren gehören) sowie des Netzwerks Mittelstand Digital, insbesondere für mittelständische Unternehmen. Die Plattform finanziert zwar Arbeiten, um Beispiele für erfolgreiche Projekte hervorzuheben, stützt sich bei der Finanzierung von F&I-Projekten allerdings auf die üblichen F&I-Förderprogramme der Ministerien.

Abbildung 5.8. Struktur und Organisation der Plattform Industrie 4.0 (2022)



BMWK; Januar 2022

Quelle: BMWK (2019^[39]). Struktur der Plattform Industrie 4.0, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Industrie/plattform-industrie-40.html (Abruf: 1. August 2022).

Zukunftsfonds

Ziel des gemeinsam vom BMWK und der KfW aufgelegten Zukunftsfonds ist es, mit einem quantitativen und qualitativen Ausbau der Förderarchitektur des Bundes insbesondere die Finanzierungsmöglichkeiten in der kapitalintensiven Skalierungsphase von Start-ups zu stärken (BMWK, o. J.^[40]). Für die Investitionen und Kosten des Zukunftsfonds hat die Bundesregierung 10 Mrd. EUR neue Mittel zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus beteiligt sich das ERP-Sondervermögen finanziell an mehreren Instrumenten des Zukunftsfonds.

Das Konzept für den Zukunftsfonds, das einen Zusagezeitraum von zehn Jahren vorsieht, soll den zur Verfügung stehenden Kapitalstock durch erfolgreiche Investments vermehren und so die Grundlage für eine im Volumen wachsende Wiederanlage ohne Belastung des Bundeshaushalts schaffen. Mehrere Bausteine des Konzepts stehen schon zur Verfügung. Weitere werden derzeit noch entwickelt und umgesetzt. Die Bausteine greifen ineinander und ergänzen sich im Sinne eines Baukastens. Die Finanzierungsangebote sollen unter Berücksichtigung des sich verändernden Marktumfeldes und neu entstehender Bedarfe gerade auch hinsichtlich der Volumenallokation angepasst werden. Es ist vorgesehen, dass zusätzliche öffentliche und private Investoren Mittel im eigenen Risiko für die Bausteine des Zukunftsfonds bereitstellen. Konkret sind die folgenden Bausteine bereits aufgelegt worden:

- **ERP/Zukunftsfonds-Wachstumsfazilität:** KfW Capital wird über diese Fazilität künftig bis zu 50 Mio. EUR pro Fonds investieren. Zusammen mit dem Förderprogramm ERP-Venture Capital-Fondsinvestments kann KfW Capital damit nun bis zu 75 Mio. EUR pro Fonds investieren. KfW Capital wird damit dazu beitragen, Fondsvolumina der Venture Capital Fonds in Deutschland und Europa zu vergrößern, sodass häufiger größere Finanzierungsrunden für Start-ups möglich werden. Insgesamt stehen für die ERP/Zukunftsfonds-Wachstumsfazilität bis 2030 2,5 Mrd. EUR bereit.
- **GFF/ EIF-Wachstumsfazilität:** In Anlehnung an die ERP/EIF-Wachstumsfazilität wurde eine bis zu 3,5 Mrd. EUR große Wachstumsfazilität geschaffen, welche in Wachstumsfonds und Wachstumsfinanzierungsrunden von Start-ups investiert. Auch hier gilt, dass größere Fondsvolumina dazu beitragen können, dass häufiger größere Finanzierungsrunden für Start-ups möglich werden.
- **DeepTech Future Fonds:** Der DeepTech Future Fonds ist ein neuer Investitionsfonds im Bereich Hochtechnologie (DeepTech), der langfristig mit Mitteln des Zukunftsfonds und des ERP-Sondervermögens finanziert wird. Seine Aufgabe besteht darin, Deep-Tech-Unternehmen mit validiertem Geschäftsmodell nachhaltiges Wachstum bei gleichzeitigem Erhalt der Eigenständigkeit zu ermöglichen. Dabei investiert der DeepTech Future Fonds stets gemeinsam mit privaten Investoren. Ziel ist es, Deep-Tech-Unternehmen als Anker-Investor auf ihrem Weg zur Kapitalmarktreife zu begleiten. Der Fonds soll den Innovationsstandort Deutschland durch diese Langfrist-Perspektive weiter stärken und für Hochtechnologie-Unternehmen nachhaltig attraktiver machen. Dem DeepTech Future Fonds steht über die kommenden zehn Jahre perspektivisch ein Gesamtinvestitionsvolumen von bis zu 1 Mrd. EUR zur Verfügung.

Literaturverzeichnis

- BAFA (o. J.), „INVEST – Zuschuss für Wagniskapital“, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, https://www.bafa.de/DE/Wirtschafts_Mittelstandsfoerderung/Beratung_Finanzierung/Invest/invest_node.html. [27]
- BMBF (2021), „Ausgaben des Bundes für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach Empfängergruppen“, Zeitreihe 1991–2020, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.7.pdf>. [19]
- BMBF (2021), „Ausgaben des Bundes für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach Ressorts“, Zeitreihe 1991–2021, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.4.pdf>. [18]
- BMBF (2021), *Bildung und Forschung in Zahlen 2021*, BMBF, Berlin, https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/bildung_und_forschung_in_zahlen_2021.pdf. [17]
- BMBF (2021), „High-Tech Strategy 2025“, 16. Juni, BMBF, Berlin, https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/hightech-strategie-2025/hightech-strategie-2025_node.html. [3]
- BMBF (2021), „Regionale Aufteilung der FuE-Ausgaben der Bundesrepublik Deutschland (Durchführung) und der staatlichen FuE-Ausgaben der Länder (Finanzierung)“, Zeitreihe 2007–20018, BMBF, Berlin, <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-1.1.11.pdf>. [20]
- BMBF (2019), „Die Exzellenzstrategie“, 19. Juli, BMBF, Berlin, <https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/das-wissenschaftssystem/die-exzellenzstrategie/die-exzellenzstrategie.html>. [10]
- BMBF (2018), *Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt*, BMBF, Berlin, https://bmbf-prod.bmbfcluster.de/upload_filestore/pub/Quantentechnologien.pdf. [16]
- BMBF (o. J.), „Internationalisierungsstrategie“, BMBF, Berlin, <https://www.internationales-buero.de/de/internationalisierungsstrategie.php>. [22]
- BMBF (o. J.), „Objectives and Tasks“, BMBF, Berlin, https://www.bmbf.de/bmbf/en/ministry/objectives-and-tasks/objectives-and-tasks_node.html. [5]
- BMBF und BMEL (2020), *Nationale Bioökonomiestrategie*, BMBF, Berlin und BMEL, Berlin, https://biooekonomie.de/sites/default/files/2022-04/bmbf_nationale_biooekonomiestrategie_langfassung_DE_22.pdf. [14]
- BMWi (2021), *Von der Idee zum Markterfolg*, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/von-der-idee-zum-markterfolg-programme-fuer-einen-innovativen-mittelstand.pdf>. [25]
- BMWi (2021), „Zukunftsfonds startet – Bundesregierung stärkt die Start-up-Finanzierung in Deutschland“, Pressemitteilung, 23. März, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/03/20210324-zukunftsfonds-startet-bundesregierung-staerkt-die-start-up-finazierung-in-deutschland.html>. [4]

- BMW (2020), *Die Nationale Wasserstoffstrategie*, BMW, Berlin, [15]
<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf>.
- BMW (2020), „Förderschwerpunkt Mittelstand-Digital – Die Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren“, Stand: 01/2020, BMW, Berlin, [32]
<https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/Factsheets/faktenblatt-mittelstand4.0.pdf?blob=publicationFile&v=5>.
- BMW (2019), „Case study and the Mittelstand 4.0 Competence Centres, Germany: Case study contribution on the OECD TIP Digital and Open Innovation project“, Policy Case Study, BMW, Berlin, [33]
https://www.innovationpolicyplatform.org/www.innovationpolicyplatform.org/system/files/imce/S_ME4.0CompetenceCentres_Germany_TIPDigitalCaseStudy2019_1/index.pdf.
- BMW (2019), *Plattform Industrie 4.0*, BMW, Berlin, [39]
<https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/plattform-industrie-4-0-digital-transformation.pdf>.
- BMW (2017), „Zyprien: BMW unterstützt kleine und mittlere Unternehmen ab 2018 jetzt auch in internationalen ZIM-Innovationsnetzwerken“, Pressemitteilung, 14. Juni, BMW, Berlin, [24]
<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20171228-zyprien-bmw-unterstuetzt-kmu-ab-2018-jetzt-auch-in-internationalen-zim-innovationsnetzwerken.html>.
- BMW (2022), „BMW startet vierte Fondsgeneration des High-Tech Gründerfonds“, Pressemitteilung, 14. Juni, BMW, Berlin, [29]
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/06/20220614-BMW-startet-vierte-fondsgeneration-des-high-tech-gruenderfonds.html> (Abruf: 15. Juni 2022).
- BMW (2022), *EXIST-Potentiale: Leitfaden zur Antragstellung in der Programmlinie EXIST-Gründungskultur*, BMW, Berlin, [23]
<https://www.exist.de/EXIST/Redaktion/DE/Downloads/EXIST-Potentiale/Leitfaden-EXIST-Potentiale.pdf>.
- BMW (o. J.), „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“, EXIST-Startseite, BMW, Berlin, [26]
<https://www.exist.de/EXIST/Navigation/DE/Home/home.html>.
- BMW (o. J.), „go-inno“, BMW, Berlin, [31]
<https://www.innovation-beratung-foerderung.de/INNO/Navigation/DE/go-inno/go-inno.html>.
- BMW (o. J.), „Industrie 4.0 – Digitale Transformation in der Industrie“, BMW, Berlin, [37]
<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/industrie-40.html>.
- BMW (o. J.), „Zukunftsfonds“, BMW, Berlin, [40]
<https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/zukunftsfonds.html>.
- Bundesregierung (2020), *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung – Fortschreibung 2020*, Bundesregierung, Berlin, [12]
https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf.
- coparion (o. J.), „COPARION – Kapital mit Weitblick“, <https://www.coparion.vc>, [30]
- DFG (2019), „Exzellenzcluster (2005-2017/2019)“, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn, [8]
<https://www.dfg.de/foerderung/programme/exzellenzinitiative/exzellenzcluster/>.

- DFG (o. J.), „Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder“, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn, <https://www.dfg.de/foerderung/exzellenzstrategie/index.html>. [6]
- Einhoff, J., H. McGuire und C. Paunov (erscheint demnächst), *STI strategies for post-COVID-19 transitions*, OECD, Paris. [2]
- Forschungsunion und acatech (2013), *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, <https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/>. [38]
- HTGF (o. J.), „Seed-Investor für High-Tech Start-ups“, Hightech-Gründerfonds, <http://htgf.de>. [28]
- Kaufmann, P. et al. (2019), *Evaluation des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM): Richtlinie 2015 – Endbericht*, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, <https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/Publikationen/Studien-Evaluationen/evaluation-zim-2019-07.pdf>. [36]
- 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>. [13]
- Möller, T. (2018), „Same objectives, different governance – how the Excellence Initiative and the act for Research and Innovation affect the German science system“, *fteval Journal for Research and Technology Policy Evaluation*, Vol. 45, S. 4-8, <http://dx.doi.org/10.22163/fteval.2018.280>. [7]
- Möller, T., M. Schmidt und S. Hornbostel (2016), „Assessing the effects of the German Excellence Initiative with bibliometric methods“, *Scientometrics*, Vol. 109, S. 2217–2239, <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-016-2090-3>. [11]
- OECD (o. J.), „Measuring Tax Support for R&D and Innovation: Indicators“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/rd-tax-incentive-indicators.htm>. [21]
- OECD (o. J.), „OECD Science, Technology and Innovation Scoreboard“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>. [1]
- Planes-Satorra, S. und C. Paunov (2019), „The digital innovation policy landscape in 2019“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 71, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/6171f649-en>. [34]
- Stockinger, S. (2018), *Governance and Management of German Universities*, Dissertation, Universität Augsburg, <https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/67944/file/Governance+and+Management+of+German+Universities.pdf>. [9]
- TISiM (2019), „Neue Förderbekanntmachung der Initiative ‚IT-Sicherheit in der Wirtschaft‘“, 02. Januar, Transferstelle Sicherheit im Mittelstand, BMWK, Berlin, <https://www.it-sicherheit-in-der-wirtschaft.de/ITS/Navigation/DE/Ueber-uns/Initiative/initiative.html> (Abruf: 1. März 2022). [35]

Teil III Saat auf fruchtbaren Boden: die richtigen Voraussetzungen für innovatives Unternehmertum

6

Rahmenbedingungen für Innovationen: Regulierung, Infrastruktur und Kompetenzen

Im vorliegenden Kapitel werden die für Innovationen in der deutschen Wirtschaft erforderlichen Rahmenbedingungen erörtert. Hierzu zählen der regulatorische Rahmen ebenso wie die digitale und Dateninfrastruktur sowie Kompetenzen, Ausbildung und Arbeitsmarktbedingungen. Das Kapitel enthält außerdem Empfehlungen zur Vereinfachung des betrieblichen Umfelds innovativer Unternehmen durch effektivere Digitalisierung öffentlicher Dienstleistungen und die Einführung agilerer Politikansätze. Obwohl innovative Firmen in Deutschland im Allgemeinen gute regulatorische Bedingungen vorfinden, besteht dennoch Spielraum für mehr Agilität. In gleicher Weise sieht sich der Privatsektor trotz der gut ausgebildeten Bevölkerung in Deutschland einem Fachkräftemangel und starren Arbeitsmarktstrukturen gegenüber, die seine Innovationsfähigkeit beeinträchtigen könnten. Angesichts der wachsenden Bedeutung der digitalen Wirtschaft und der datengesteuerten Innovation ist es für Deutschland unerlässlich, in bessere digitale und Dateninfrastrukturen zu investieren.

Einführung

Die Fähigkeit von Unternehmen, zu investieren, zu experimentieren und innovativ zu handeln, wird von Rahmenbedingungen geprägt, insbesondere einem gut funktionierenden Regelungsrahmen, dem Zugang zu Kapital und einer ausgebildeten und qualifizierten Erwerbsbevölkerung. Zudem sind im Zuge der digitalen Transformation Konnektivität und eine hochwertige Dateninfrastruktur von entscheidender Bedeutung.

Günstigere Rahmenbedingungen und ein verbesserter Zugang zu Informationen in Wissenschaft, Technologie- und Innovation (WTI) – beispielsweise durch Einsichtnahme in die verfügbaren Förderprogramme – ist besonders für kleinere Akteure und Start-ups von Belang. Zwar sind die Rahmenbedingungen für alle Unternehmen relevant, doch kleinere Firmen verfügen häufig über geringere interne Kapazitäten für die Herausforderungen, die sich aus dem Geschäftsumfeld und den rechtlichen Vorgaben ergeben. Deshalb droht ihnen eine unverhältnismäßig starke Beeinträchtigung durch diese Rahmenbedingungen. Start-ups sind zudem häufig im Nachteil, wenn es um den Zugang zu WTI-relevanten Informationen und Förderprogrammen geht, da sie kaum über Vorerfahrung verfügen.

Obwohl Rahmenbedingungen auch für inkrementelle Innovationen eine wichtige Rolle spielen, haben sie noch weitaus größeres Gewicht, wenn es darum geht, ein breites Engagement von Innovationsakteuren zugunsten von Sprunginnovationen hervorzurufen und so die ökologische und die digitale Transformation voranzubringen. So ist beispielsweise die digitale Infrastruktur für beide Transformationen von wesentlicher Bedeutung. Der Zugang zu Kapital wiederum ist eine Voraussetzung für disruptive Innovationstätigkeit, weshalb die Bereitstellung finanzieller Mittel für den Mittelstand und für Start-up-Unternehmen unerlässlich ist.

Dieser Abschnitt liefert eine Bestandsaufnahme hinsichtlich der wichtigsten Rahmenbedingungen für Innovationstätigkeit in Deutschland: vom allgemeinen Regelungsrahmen für die Wirtschaft über den Zugang zu Kapital für innovative Unternehmen, Arbeitsmarktregulierung sowie Leistung, Kompetenzen und Ausbildung bis hin zur Entwicklung einer digitalen und Dateninfrastruktur, die dem Innovationsbedarf gerecht wird.

Das Kapitel ist in fünf Abschnitte gegliedert. Abschnitt 1 enthält eine Empfehlung für agile politische Entscheidungen zur Förderung der Innovation. Abschnitt 2 untersucht die übergeordneten regulatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die Wirtschaft. Abschnitt 3 betrachtet die digitale und Dateninfrastruktur für Innovationsträger in Deutschland. Abschnitt 4 wirft einen Blick auf die Arbeitsmarktbedingungen. Abschnitt 5 schließt mit einer Erörterung der Fachkompetenzen und Qualifikationsmängel im deutschen Innovationssystem.

Empfehlung 3: Ausweitung und Verankerung agiler politischer Instrumente zur Unterstützung von Innovationsbemühungen kleinen und mittlerer Unternehmen (KMU) im Rahmen der digitalen und ökologischen Transformationen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Die Bundesregierung sollte Instrumente (wie beispielsweise Reallabore) in alle relevanten Politikbereiche integrieren, um deren Potenzial für Veränderungen maximal auszuschöpfen, um die betreffenden Methoden im Kontext ihres WTI-Ansatzes zu normalisieren und um zusätzliche Daten zur Evaluierung dieser Maßnahmen zur Optimierung dieser Instrumente zu generieren. Reallabore bezeichnen eine eingeschränkte Form von regulatorischen Ausnahmetatbeständen beziehungsweise die Gewähr größerer Flexibilität für Unternehmen, die es ihnen ermöglicht, innovative Technologien, Produkte oder Dienstleistungen zu testen, die dem bestehenden Regelungsrahmen nicht vollständig entsprechen. Zugleich sollte die Regierung größere Flexibilität in bestehenden Regelungs- und Politikbereichen vorsehen und angesichts der tiefgreifenden Transformationen einen risiko- und experimentierfreudigeren Ansatz der politischen Entscheidungsfindung wählen.

E3.1 Bürokratische und administrative Barrieren für KMUs und Start-up-Unternehmen abbauen. Die Bundesregierung sollte sowohl die Verfahren für bestimmte Verwaltungsdienstleistungen gegenüber Unternehmen als auch administrative Schritte rationalisieren, die für den Erhalt von WTI-Fördermaßnahmen wie beispielsweise Innovationszuschüsse auf Seiten der Unternehmen erforderlich sind. Einige KMUs und Start-ups schrecken vor Anträgen im Rahmen von Förderprogrammen zurück, da die Antragsverfahren mit beträchtlichem Aufwand verbunden sind. Wo rechtliche Hürden eine Vereinfachung und Flexibilisierung von Fördermaßnahmen verhindern, sollte die Bundesregierung eine Prüfung der durchführbaren Änderungen vornehmen, um die Zugangsbedingungen zu verschlanken. Programme wie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (BMWK) oder KMU-innovativ (BMBF) haben vorgemacht, wie mit bewährter Praxis die Zahl der Erstteilnehmer an Forschungs- und Innovations-Förderinitiativen erhöht werden kann.

E3.2 Die Regierung sollte ein Programm zur Digitalisierung von Regierungs- und Verwaltungsmaßnahmen, -dienstleistungen und -verfahrensabläufen auflegen. Die Digitalisierung öffentlicher Dienstleistungen sollte im Anschluss an die Rationalisierung bestehender Vorschriften und Verfahren voranschreiten. Der Schwenk zur digitalen Leistungserbringung würde den Zweck erfüllen, sämtliche Interaktionen zwischen Unternehmen – insbesondere KMU und Start-ups – an einer einzigen Anlaufstelle, vorzugsweise als digitaler Service „aus einer Hand“ ablaufen zu lassen. Dies würde, mehr als nur eine Digitalisierung vorhandener analoger Verfahren, deren Verbesserung (beispielsweise durch den Entfall von Zwischenschritten) erfordern. Es wäre auch vorzusehen, Daten aus der Nutzung digitaler Dienstleistungen zu erheben, um die politischen Entscheidungen zu Instrumenten durch die Analyse dieser Daten weiter zu verbessern. Die Nutzung von neuen Methoden wie z. B. maschinelles Lernen und semantische Analyse, könnten sowohl die Qualität des Regierungs- und Verwaltungshandelns verbessern als auch die Regierung in die Lage versetzen, als führender Akteur die digitale Transformation des öffentlichen und privaten Sektors weiter zu beschleunigen.

E3.3 Den Einsatz von Reallaboren ausweiten. Der Beschluss der deutschen Reallabor-Strategie – der Einsatz von Reallaboren in Deutschland wird in Kapitel 9 zur politischen Reaktions-schnelligkeit und in der entsprechenden Empfehlung 2 zur Einrichtung eines Politiklabors erörtert – war ein entscheidender Schritt hin zu einer Nutzung von Reallaboren, zusätzlich sollte das Augenmerk jedoch auf folgende Aspekte gerichtet werden:

- Stärkung der regulatorischen Zusammenarbeit zwischen den diversen Bundesbehörden sowie zwischen den kommunalen, Länder- und Bundesbehörden bei der Einrichtung von Reallaboren. Dies ist insofern von besonderem Belang, als neu aufkommende innovative Bereiche häufig quer durch traditionelle Industriesektoren und Aufgabenbereiche von Regulierungsbehörden und Bundesministerien verlaufen.
- Gezielte Ansprache von KMU und Start-ups, um zu gewährleisten, dass sie Zugang zu Reallaboren finden und dass die Zulassungskriterien jüngere oder kleinere Firmen nicht ausschließen. Zusätzlich sollte die Bundesregierung weiterhin Sensibilisierungsinitiativen im Hinblick auf die Chancen und Möglichkeiten von Reallaboren ergreifen, insbesondere für die Zielgruppen KMU sowie Bürger*innen. Ein möglicher Ansatz hierfür ist die Veranstaltung von Wettbewerben. Die Einrichtung von Reallaboren setzt zudem voraus, dass eine mögliche Vereinnahmung von Rechtsvorschriften durch teilnehmende Firmen vermieden wird.

E3.4 Eine benutzerfreundliche einheitliche digitale Anlaufstelle für die Inanspruchnahme von WTI-Maßnahmen fördern. Deutschland bietet dem Privatsektor derzeit eine Fülle von Instrumenten zur Innovationsförderung, deren Wirksamkeit insgesamt allerdings erhöht werden könnte. Zu diesem Zweck sollte die öffentliche Verwaltung erwägen, die Kommunikation für diese

Instrumente zu verbessern, die aktuell eine zentral koordinierte Plattform als Verzeichnis verfügbarer Instrumente (Förderfinder des Bundes) sowie individuelle Beratungsleistungen umfasst, die es den Firmen ermöglichen, bedarfsgerechte Angebote auszuwählen (Förderberatung Forschung und Innovation des Bundes). Eine Ergänzung dieser Leistungen durch eine voll entwickelte einheitliche digitale Anlaufstelle für die Inanspruchnahme von WTI-Maßnahmen durch KMU, Start-ups und Einzelunternehmer würde den Zugang und die Nutzung von Förderprogrammen verbessern. Diese einheitliche digitale Anlaufstelle sollte es Unternehmen (im In- und Ausland) auch ermöglichen, ihre Förderfähigkeit für verschiedene innovationsfördernde Instrumente auf einfache Weise zu prüfen. Sie würde zudem die bereits bestehenden Beratungsaktivitäten durch Zentralisierung und Digitalisierung der intern abzuwickelnden Antragsverfahren für die genannten Instrumente einbinden. Die Plattform könnte überdies als Vehikel für eine ziel- und herausforderungsorientierte Innovation fungieren und so auf Unternehmensseite die Kenntnisnahme von und Beteiligung an Innovationsprogrammen zur Förderung sozioökonomischer Ziele erhöhen.

Einschlägige globale Erfahrungen und bewährte Praxis

Regulatorische Flexibilität

Digital befähigte Produkte und neu aufkommende Technologien lassen sich häufig nicht ohne weiteres in bestehende regulatorische Rahmen pressen, was für Unsicherheit auf Seiten innovativer Firmen sorgt. Zudem stellen das Tempo des technologischen Wandels und die Komplexität vieler dieser Technologien die Regulierungsbehörden vor zusätzliche Herausforderungen. Stoßen digital innovative Unternehmen auf rechtliche Unsicherheiten – oder gar auf einen rechtsfreien Raum –, so könnte sie dies u. U. von Innovationen abhalten oder daran hindern, die erforderlichen Finanzmittel für Innovationen und eine Skalierung des Geschäftsbetriebs einzuwerben. Nach Erkenntnis dieses Problems haben politische Entscheidungsträger*innen in der OECD-Region begonnen, mit ihren Regulierungsansätzen zu experimentieren, wobei einige Länder sich zusehends eine Methode des Testens und Lernens für die Regulierung zu eigen machen.

Einer der am häufigsten – auch in Deutschland – aufgegriffenen Ansätze sind die Reallabore: begrenzte Räume, in denen Ausnahmeregelungen gelten beziehungsweise mehr Flexibilität gewährt wird, damit Unternehmen neue Geschäftsmodelle oder Produkte unter geringeren regulatorischen Auflagen testen können. Reallabore sind sinnvoll, um deutsche Innovationen in Schlüsselindustrien (wie beispielsweise autonomes Fahren für die Automobilindustrie) voranzutreiben, jedoch auch um die ökologische Transformation in der Industrie zu vollziehen.

Zwei interessante Beispiele, bei denen Reallabore für die ökologische Transformation zum Einsatz gelangen, sind „Innovation Link“ im Vereinigten Königreich und „Expérimentation“ in Frankreich. Die Energie-Regulierungsbehörde Ofgem hat im Vereinigten Königreich unter dem Titel „Innovation Link“ ein Reallabor für Innovatoren im Energiesektor ins Leben gerufen, das diese in die Lage versetzt, innovative Geschäftsprodukte, Dienstleistungen und neue Geschäftsmodelle zu erproben, die unter den bestehenden regulatorischen Bedingungen nicht betriebsfähig wären (Attrey, Leshar und Lomax, 2020^[11]). Die Inspiration für das Ofgem-Reallabor stammt aus der Software-Entwicklung; dort ist es gängige Praxis, neuen Code in einem kontrollierten Umfeld zu testen, ohne die Funktionsfähigkeit des Gesamtprogramms aufs Spiel zu setzen. „Innovation Link“ umfasst eine maßgeschneiderte Beratung für die Programmteilnehmer, während zu den Projekten u. a. ein Peer-to-Peer-Energiehandel und ein innovatives Tarifsystem zählten. Die Erfahrung mit dem Programm „Expérimentation“ in Frankreich hat zudem das Potenzial von Reallaboren zur Förderung von Nachhaltigkeitszielen illustriert, da ein Viertel der 85 Anträge für das branchen- und technologieoffene Programm den Schwerpunkt auf Umweltschutz legten (Attrey, Leshar und Lomax, 2020^[11]).

Regulatorische Flexibilität spielt auch eine wichtige Rolle bei der Unterstützung der digitalen Transformation in der Wirtschaft (OECD/KDI, 2021^[21]). Dies trifft insbesondere auf digitale Dienstleistungsplattformen zu, die häufig die Grenzen zwischen verschiedenen Sektoren und Branchen (einschließlich des Bankensektors) verschwimmen lassen und neue regulatorische Herausforderungen mit sich bringen. Die Frage der Datenschutzregelung, die im deutschen Kontext aufgrund der dezentral organisierten Daten-Governance ein schwieriges Thema bleibt, ist an dieser Stelle besonders von Belang. Im Jahr 2016 hat die Financial Conduct Authority (Finanzaufsichtsbehörde) des Vereinigten Königreichs ein Reallabor-Programm aufgelegt, das es Unternehmen aller Größen gestattete, innovative Finanzprodukte am Markt an realen Verbrauchern zu testen. Zu den Zielen des Programms zählte es, den Firmen zu ermöglichen, potenziell disruptive Produkte in einem kontrollierten Umfeld zu testen, um die Vorlaufzeit kommerziell tragfähiger Produkte und Geschäftsmodelle zu reduzieren und Lücken beim Verbraucherschutz innerhalb der bestehenden, für die betreffenden neuen Produkte geltenden Rechtsvorschriften ausfindig zu machen. Vergleichbare Programme wurden seither in mehreren OECD-Ländern aufgelegt, u. a. in Kanada, wo die Canadian Securities Administrators (Börsenaufsichtsbehörde) im Zeitraum von 2016–2019 ein Programm durchführte, um Fintech-Firmen mithilfe von zeitlich befristeten Ausnahmeregelungen zu unterstützen und so besser zu verstehen, wie Innovationen Finanzmärkte beeinflussen könnten (OECD/KDI, 2021^[21]).

Zwar haben etliche OECD-Länder inzwischen damit begonnen, sich in regulatorischen Fragen politisch agiler zu verhalten, doch bleiben diese Ansätze zumeist branchenspezifisch. Das ist durchaus verständlich, da viele der Programme von Regulierungsbehörden verwaltet werden, die für bestimmte Bereiche zuständig sind. Diese Ansätze in Deutschland als Querschnittsaufgaben zu betrachten – und ihre Umsetzung beispielsweise im Rahmen des in Empfehlung 1 vorgeschlagenen politischen Forums oder des in Empfehlung 2 erörterten Labors für Innovationspolitik zu überwachen – böte den Vorteil, den Bemühungen ein größeres Maß an Zielgerichtetheit zu verleihen und sie auf gesamtwirtschaftliche Transformationsziele auszurichten.

Agilität ist zudem auch für die politische Entscheidungsfindung selbst von Belang. Eine Reihe neuer digitaler Instrumente ist geeignet, politische Entscheidungsträger in die Lage zu versetzen, Beschlüsse in besserer Kenntnis der Sachlage rascher und effizienter zu fassen. Wie im TIP-Bericht „*Alternative Tools to Support Innovation Policy: What is Feasible Today*“ (Alternative Instrumente zur Förderung von Innovationspolitik: Was ist heute machbar?) ausgeführt, wird derzeit eine ganze Reihe digitaler Instrumente verfügbar gemacht, um politische Entscheidungsträger zu unterstützen und es ihnen zu ermöglichen, bei der Umsetzung ihrer politischen Ansätze agiler vorzugehen. Diese Instrumente können eine detailliertere und zeitnahe Datenerhebung (beispielsweise durch Pulsbefragung oder Web-Scraping) sowie eine effektivere Verarbeitung von Befunden und Daten (beispielsweise durch semantische Analyse von Textdaten, natürliche Sprachverarbeitung und künstliche Intelligenz) unterstützen und die Teilhabe der Gesellschaft an WTI und WTI-Politikgestaltung (beispielsweise durch Online- und partizipative digitale Plattformen) verbessern – ein Thema, das im Zusammenhang der Transformationen immer wichtiger wird.

Missionsorientierte Innovationspolitik

Missionsorientierte Innovationspolitik bezeichnet ein abgestimmtes Gefüge von politischen und regulatorischen Maßnahmen, die konkret auf wissenschaftliche, technologische und innovative Impulse setzen, um klar definierte Ziele in Verbindung mit gesellschaftlichen Herausforderungen innerhalb eines vorbestimmten Zeitraums anzustreben (Larrue, 2020^[31]). Solche Maßnahmen können bestimmte Phasen eines Innovationszyklus, von der Forschung über die Demonstration bis hin zur Markteinführung, sowie angebots- und nachfrageseitige Instrumente umfassen und verschiedene Politikbereiche, Sektoren und Fachdisziplinen berühren.

In Frankreich fügt sich die missionsorientierte Innovationspolitik (MOIP) ein in eine lange Tradition proaktiver politischer Maßnahmen zur Verwirklichung strategischer oder wirtschaftlicher Ziele; in jüngerer Zeit

dient sie auch als Reaktion auf entscheidende gesellschaftliche Herausforderungen. Zu diesen Maßnahmen zählen insbesondere die „Grands Programmes“, die „Réseaux thématiques de recherche“ (themenspezifische Forschungsnetzwerke) wie beispielsweise das Programm PREDIT mit 15-jähriger Laufzeit zur Förderung der Forschung in der Automobilindustrie seit Beginn der 1990er Jahre, sowie großangelegte Projekte der Agence de l'innovation industrielle (Agentur für industrielle Innovation) Mitte der 2000er Jahre. Diese Initiativen sollten einen strategischeren Ansatz unterstützen und eine kritische Masse in nationalen Prioritätsbereichen und Projekten in einem vielfach als fragmentiert und vielschichtig bezeichneten politischen Umfeld ermöglichen.

Die im Jahr 2021 initiierte vierte Auflage des französischen „Programme d'investissements d'avenir“ (PIA4, Programm für Zukunftsinvestitionen) markiert u. U. einen Wendepunkt. Es ist in zwei so genannte „Interventionslogiken“ aufgegliedert. Die „strukturelle Logik“ sieht langfristige nachhaltige Finanzierung für Schlüsselinstitutionen in Forschung und Innovation vor. Die „zielorientierte Logik“ verfolgt einen stärker fokussierten Ansatz zur Förderung außergewöhnlicher Investitionen, um fünf „große Herausforderungen“ zu meistern (1. Sicherung, Zertifizierung und Steigerung der Verlässlichkeit künstlicher Intelligenz, 2. Verbesserung der medizinischen Diagnostik durch künstliche Intelligenz, 3. Cyber-Sicherheit: Nachhaltige Systeme widerstandsfähig gegen Cyberangriffe machen, 4. Biologische und kostengünstige Erzeugung hochwertiger Proteine, 5. Entwicklung verdichteter Energiespeicherung für nachhaltige Mobilität). Diese Herausforderungen wurden vom 2018 ins Leben gerufenen Conseil de l'innovation (Innovationsrat) ausgewählt, um Prioritäten der französischen Innovationspolitik festzulegen, Querschnittsmaßnahmen zu bestimmen und das französische forschungs- und innovationspolitische Umfeld zu vereinfachen.

Die wichtigsten Instrumente der Komponente „zielgerichtete Logik“ sind die Beschleunigungsstrategien. In bestimmten herausfordernden Bereichen zielen diese umfangreichen Initiativen darauf ab, die zentralen sozioökonomischen Transformationshürden zu ermitteln und die jeweiligen Herausforderungen unter Anwendung eines globalen und systemischen Ansatzes und in Kombination diverser Interventionsformen (Forschung, Ausbildung, Finanzierung, Normen und Standards, Besteuerung usw.) zu bewältigen. Der voraussichtliche Mehrwert der Beschleunigungsstrategien liegt nicht in erster Linie in der Neuheit der geförderten Aktivitäten, sondern in ihrer stärkeren strategischen Steuerung und Integration in den Verlauf des Innovationszyklus. Während die Ziele des ersten PIA im Jahr 2010 im Kontext der Finanzkrise von 2008 von der Politik bestimmt wurden, sind die Beschleunigungsstrategien des PIA4 von allen maßgeblichen Partnern gemeinsam ausgearbeitet worden. Eine speziell eingerichtete Arbeitsgruppe des Conseil du numérique en santé (CNS, Rat für digitale Gesundheit) mit dem thematischen Schwerpunkt „wirtschaftliche Entwicklung der digitalen Gesundheit/Strukturierung des Sektors“ leistete ebenfalls Zuarbeit für die Erstellung der Strategie. Jede der Strategien beinhaltet zudem konkrete Zielsetzungen.

Die Beschleunigungsstrategie für CO₂-freien Wasserstoff hat beispielsweise Ziele für das Jahr 2030 gesetzt, darunter die Einrichtung einer CO₂-freien Wasserstoffproduktionskapazität von 6,5 GW im Wege der Elektrolyse, die Einsparung von mehr als 6 Mt CO₂ und die direkte und indirekte Schaffung von 50 000 bis 150 000 Arbeitsplätzen in Frankreich. Jede Strategie verfügt über eine eigene Governance-Struktur, einschließlich eines eigens einberufenen interministeriellen Koordinators, der an den Innovationsrat berichtet. Aufgabe des Koordinators ist es, die interministerielle Koordination zu leiten und sämtliche umgesetzten Aktionen zu überwachen. Die Beschleunigungsstrategie für CO₂-freien Wasserstoff verfügt über ein Budget von 3,4 Mrd. EUR für den Zeitraum 2020–2023, weitere 7 Mrd. EUR sind bis 2030 vorgesehen. Die Strategie deckt sämtliche Aspekte einer neu zu errichtenden Wasserstoff-Wertschöpfungskette von der Forschung über die Produktion und den Bau von Leitungsanlagen bis hin zur Erschließung von Märkten ab. Die Beschleunigungsstrategie verfolgt darüber hinaus das Ziel, Schlüsseltechnologien und -komponenten mithilfe von Pilotprojekten für verschiedene Nutzungsformen und Märkte zu entwickeln.

Andere Länder haben stärker integrierte und enger fokussierte missionsorientierte Programme auf einer niedrigeren Ebene ihres Innovationssystems angesetzt, zumeist unter der Leitung einer oder mehrerer Behörden. In Norwegen haben drei Behörden gemeinsam die Initiative „Pilot-E“ als einheitliche Anlaufstelle ins Leben gerufen, die eine lückenlose Unterstützung von der Ideenfindung bis zur Marktreife für

eine Reihe von klimaemissionsfreien und energiesparenden Lösungen bietet. Innerhalb dieses behördenübergreifenden Vorhabens mobilisieren die drei beteiligten Stellen ihr jeweiliges Instrumentarium, um gemeinsam ausgewählte Projekte dabei zu unterstützen, kollektiv festgelegte Ziele zu erreichen und damit sowohl die notwendige Energiewende zu vollziehen als auch neue Geschäftsfelder zu erschließen.

Eine weitere Variante der missionsorientierten Politik, die insbesondere in den skandinavischen Ländern weit verbreitet ist, beruht im Wesentlichen auf Ökosystemen. Mit diesen Initiativen sollen nationale oder regionale Innovations-Ökosysteme geschaffen und strukturiert werden (die öffentliche und private Beteiligte aus verschiedenen Forschungs- und Wirtschaftsgruppen zusammenbringen), wobei eine gemeinsame Herausforderung im Mittelpunkt steht. Dieses Modell besteht im Allgemeinen aus zwei Phasen: 1. einer Ausschreibung zur Vorlage von Fahrplänen, für deren Erstellung die öffentlichen Stellen Anreize setzen und die aus (bereits bestehenden oder noch im Entstehen begriffenen) Ökosystemen hervorgehen, um gesellschaftliche und wirtschaftliche Herausforderungen zu bewältigen, und 2. der Auswahl, technischen Bearbeitung (beispielsweise durch Fusionen, Neuausrichtungen) und Unterstützung bei der Umsetzung der Fahrpläne, wobei das zugrundeliegende Ökosystem die Koordinierung einzelner Vorgänge übernimmt. Dies ist der Fall bei dem von der schwedischen Innovationsagentur Vinnova geleiteten Strategischen Innovationsprogramm (SIP), bei den finnischen Wachstumsmotoren und den so genannten „Grünen Missionen“ in Dänemark. Dieser Ansatz bietet Raum für eine gezieltere Ausrichtung und stärkere Legitimität, indem Zuständigkeiten in Verbindung mit der strategischen Orientierung und Koordination an einschlägige Interessengruppen (Ökosysteme) in prioritären oder neu entstehenden Bereichen delegiert werden.

6.1. Regulatorischer Rahmen für Innovationen und Zugang zu Innovationsmaßnahmen: Informations- und Förderprogramme

Mit dem regulatorischen Rahmen für die Wirtschaft sind die rechtlichen Bedingungen für den Geschäftsbetrieb eines Unternehmens gemeint; er betrifft sämtliche Aspekte des Geschäftszyklus einschließlich der Gründung und Auflösung von Firmen, der Finanzierung und des Warenexports. Der regulatorische Rahmen steht in mehrfacher Hinsicht in einer Wechselwirkung mit dem Innovationssystem:

- Er sorgt für die nötige Rechtssicherheit, die es den (einheimischen und internationalen) Unternehmen gestattet, Entscheidungen über innovationsbezogene Investitionen zu treffen.
- Er erhöht die Kosten von Innovationen, angefangen bei den mit der Gründung eines innovativen Unternehmens verbundenen Aufwendungen bis hin zum Genehmigungsverfahren für den Vertrieb eines neuen Produkts.
- Schließlich kann ein regulatorischer Rahmen – dies ist relevant für Innovationen in neu entstehenden Technologiefeldern – für klare Vorgaben oder auch für Unklarheit bei den Innovationsträgern sorgen, die an Produkten und Dienstleistungen im technologischen Grenzbereich arbeiten.

Diese Aspekte des regulatorischen Rahmens für Unternehmen ereignen sich in einem dynamischen Umfeld, das mit anderen Volkswirtschaften und Rechtssystemen weltweit interagiert, insbesondere in der Europäischen Union. Folglich beeinflusst die „Geschäftsfreundlichkeit“ auch, in welchem Land internationale Innovationstätigkeit stattfindet.

Eine wesentliche Herausforderung für politische Entscheidungsträger und Regulierungsbehörden ist die Frage, wie Regierungs- und Verwaltungsstrukturen und Rechtsvorschriften zu gestalten sind, damit sie unbeabsichtigte und noch nicht bekannte negative Folgen wissenschaftlicher und technischer Entwicklungen verhindern oder entschärfen und dabei Innovation nicht im Keim ersticken, sondern die aus den Fortschritten erwachsenden Chancen nutzen. Gesetze und Verordnungen gestatten es den Regierungen

überdies, die Entwicklung von Innovationen zu beeinflussen und zum Nutzen der Gesellschaft einzusetzen sowie Risiken zu minimieren.

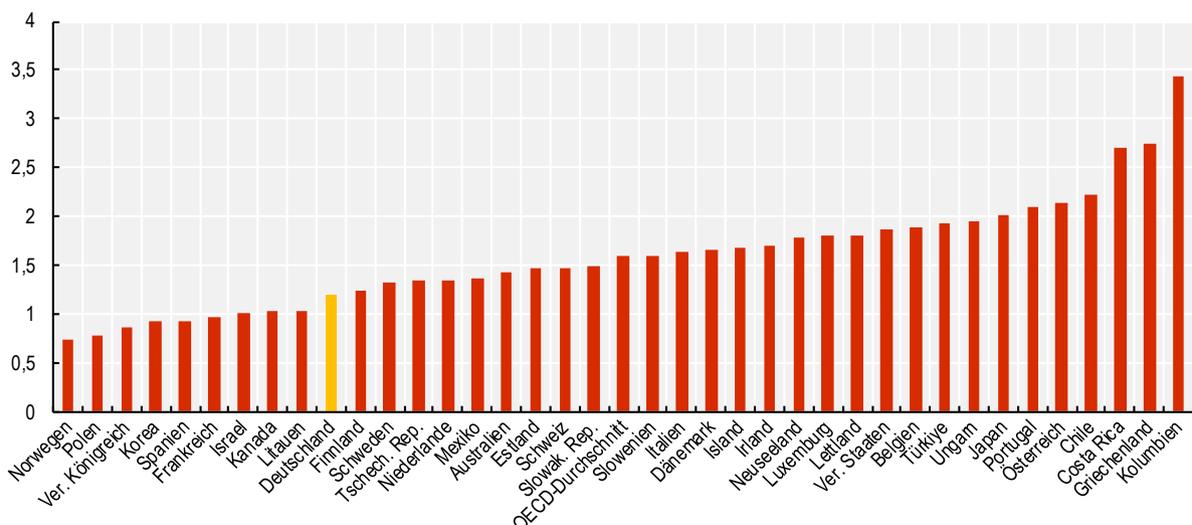
Zusätzlich zum allgemeinen regulatorischen Rahmen spielen für die deutsche Innovationstätigkeit auch mehrere Schlüsselfragen eine wichtige Rolle, die sich den politischen Entscheidungsträgern insbesondere im Kontext der digitalen und ökologischen Transformation stellen. Was lässt sich tun, um administrative Rahmenbedingungen zu verbessern sowie den Zugang zu Informationen und Förderprogrammen für Akteure innerhalb des WTI-Umfelds zu erleichtern, insbesondere für den Mittelstand und für Start-up-Unternehmen? Wie können politische Entscheidungsträger Innovationen vorantreiben und zugleich den Bedarf an Agilität und Flexibilität bei der Regulierung von Innovationen mit dem Bedürfnis der Stabilität und Vorhersehbarkeit vereinbaren?

6.1.1. Das Regelungsumfeld für Unternehmen in Deutschland ist allgemein tragfähig, eine Reihe von Problemen belastet jedoch die Innovationskapazitäten

Die Qualität des Regulierungsrahmens für die Unternehmenstätigkeit in Deutschland ist im Allgemeinen hoch, während die administrativen Hürden für unternehmerisches Handeln niedrig sind (Abbildung 6.1). Jüngste Reformen wie beispielsweise die Einführung einer „One-in-one-out“-Regel zur Begrenzung des Erfüllungsaufwands – der zufolge Regierungsbehörden für jede neu eingeführte Rechtsvorschrift binnen eines Jahres eine alte Vorschrift abschaffen müssen – haben dazu beigetragen, das Regelungsumfeld für die Wirtschaft zu vereinfachen (Trnka und Thuerer, 2019^[4]). Die dritte Fassung des Bürokratieentlastungsgesetzes, im Jahr 2015 als Teil des Programms „Bürokratieabbau und bessere Rechtsetzung“ eingeführt, hat den Erfüllungsaufwand für Unternehmen weiter verringert und Schätzungen zufolge Einsparungen in Höhe von 1,1 Mrd. EUR zugunsten des Privatsektors bewirkt.

Abbildung 6.1. OECD-Produktmarktregulierung: Vereinfachung und Evaluierung von Regelungen (2018)

Deutschland ist unter den Bestplatzierten innerhalb der OECD in punkto Vereinfachung des Regulierungsrahmens für die Unternehmenstätigkeit



Anmerkung: Der Indikator bewegt sich auf einer Spanne von 0 (geringste Belastung) bis 6 (höchste Belastung) und wurde entsprechend den Antworten auf einen ausführlichen, dem jeweiligen Land übermittelten Fragebogen festgestellt.

Quelle: OECD (o. J.^[5]), *OECD Product Market Regulation Statistics* (Datenbank), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00593-en>, (Abruf: 24. Mai 2022).

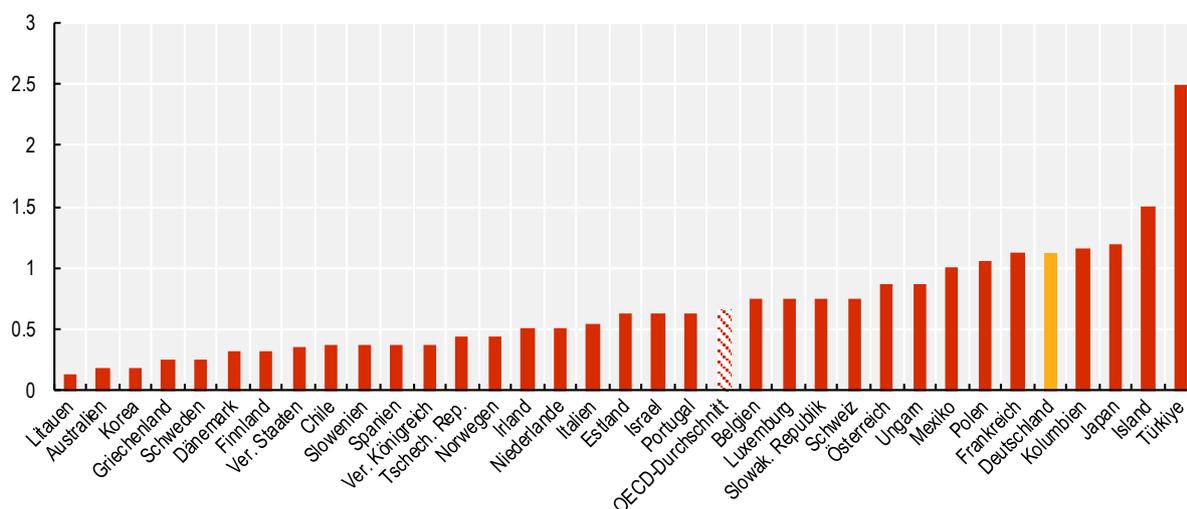
Es bestehen jedoch weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten: Die Gründung und Auflösung eines Unternehmens ist in Deutschland schwieriger als in anderen OECD-Ländern, bedingt durch langwierige und kostspielige Verwaltungsverfahren, von denen einige nur teilweise digitalisiert sind. Der Verwaltungsaufwand für Start-ups verharnt weit über dem OECD-Durchschnitt (Abbildung 6.2). Die Unternehmensgründung in Deutschland beispielsweise setzt voraus, dass Unternehmer*innen zu vereinbarten Terminen bei diversen Verwaltungsbehörden erscheinen, wobei die damit einhergehenden Formalitäten oft vollständig analog ablaufen. Diese mangelnde Digitalisierung und Konsolidierung unterscheidet sich markant von etlichen OECD-Ländern, in denen digitale „zentrale Anlaufstellen“ für Unternehmensgründer eingerichtet wurden.

Zwar sind umfangreiche Informationen über Deutschlands zahlreiche Innovations-Förderinstrumente auf den einzelnen Programmwebseiten beziehungsweise institutionellen Internetauftritten abrufbar, die am besten geeignete Förderung zu ermitteln stellt jedoch insbesondere für kleinere Firmen und Start-ups eine Bewährungsprobe dar. Antragsverfahren gestalten sich zudem recht komplex, insbesondere in solchen Fällen, in denen der Umfang der erforderlichen Unterlagen von Programm zu Programm stark variiert. In einer 2021 während der Covid-19-Pandemie vom BMWK durchgeführten Umfrage stimmten 89 % der befragten KMU zu, dass Antragsverfahren für Innovations-Fördermaßnahmen sowohl verschlankt als auch beschleunigt werden sollten (BMW, 2021^[6]).

Ein Vorgang, der dazu beitragen könnte, den Verwaltungsaufwand und die Kosten für Unternehmen zu reduzieren, wäre eine weiter voranschreitende Digitalisierung des öffentlichen Dienstleistungsangebots. Den Ergebnissen des Digital Government Index der OECD zufolge schneidet Deutschland in der Wertung des datengesteuerten öffentlichen Sektors unter allen OECD-Ländern am schlechtesten ab. Ein besserer Datenaustausch innerhalb des öffentlichen Dienstleistungsangebots könnte die Belastung von Firmen bei der Inanspruchnahme öffentlicher Dienstleistungen erheblich reduzieren, da der Aufwand, dieselben Angaben mehrfach bei verschiedenen Behörden einzureichen, stark zurückgehen würde (OECD, 2021^[7]). Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist das im Jahr 2017 in Kraft getretene Onlinezugangsgesetz, das es Behörden auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene zur Pflicht macht, eine Reihe von Verwaltungsleistungen bis spätestens 2022 digital bereitzustellen.

Abbildung 6.2. Verwaltungsaufwand für Gesellschaften mit beschränkter Haftung und Personengesellschaften

Länder in aufsteigender Reihenfolge von hoher (0) bis geringer (6) Wettbewerbsfreundlichkeit



Anmerkung: Im Fall föderal organisierter Länder, in denen die Gliedstaaten über gesetzgeberische Kompetenzen verfügen, beziehen sich die Werte auf die Situation in einem einzigen als repräsentativ betrachteten (nachfolgend aufgeführten) Gliedstaat.

Quelle: OECD (o. J.^[5]), *OECD Product Market Regulation Statistics* (Datenbank), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00593-en>, (Abruf: 24. Mai 2022).

Erkenntnisse darüber, an welchen Stellen Regulationsanforderungen für Unternehmen gelockert werden können, ohne die Sicherheit von Verbraucher*innen zu gefährden, werden ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Die im Zeitraum zwischen 2011 und 2019 eingeführten 323 Neuregelungen – häufig mit Bezug zur Informationstechnologie (IT) – haben zu einem einmaligen Erfüllungsaufwand von mehr als 12 Mrd. EUR auf Seiten der Unternehmen geführt; nur 51 dieser Regelungen führten zu einer Senkung laufender Kosten für die Wirtschaft (NKR, 2019^[8]).

6.1.2. Antizipation von und Vorbereitung auf Änderungen im Zuge der ökologischen und digitalen Transformation: Neue Handlungsansätze für regulatorische Flexibilität

Die ökologische und die digitale Transformation erfordern disruptive Veränderungen und Produkte, müssen aber zugleich die erforderliche Sicherheit für die Verbraucher*innen gewährleisten. Das Regelungsumfeld für Innovationsträger muss flexibel und zukunftstauglich sein, um mit den rasanten technologischen Entwicklungsschüben Schritt halten zu können. Im Kontext der Digitalisierung und der neu aufkommenden Technologien übertrifft die hohe Frequenz von Änderungen häufig die Reaktionsschnelligkeit der Regulierungsbehörden, während neue Technologien und deren Anwendung – insbesondere dort, wo sich die Grenzen zwischen zuvor getrennten Technologiebereichen und Branchen zusehends auflösen – zu einem Maß an Unsicherheit führen, das sich nur schwer in Gesetzen und Rechtsvorschriften kodifizieren lässt. Einiger Beliebtheit erfreuen sich Reallabore, die einen gewissen Grad an rechtlicher und regulatorischer Flexibilität in bestimmten Technologiefeldern oder Branchen gestatten, um Innovationen zu entwickeln und zu kommerzialisieren. Solche Initiativen können auf nationaler, Landes- oder kommunaler Ebene organisiert und auf Missionen oder Zielsetzungen ausgerichtet werden. Ein Schlüsselkonzept des Einsatzes von Reallaboren in Deutschland sind die Experimentierklauseln. Dabei handelt es sich um rechtliche Bestimmungen, die es den ausführenden Behörden ermöglichen, bei der Anwendung von Regelungen im Einzelfall Ermessensentscheidungen zu treffen. Die Klauseln haben im Allgemeinen zwei voneinander zu trennende Zielsetzungen: einerseits sollen sie das Erproben von Innovationen erlauben, deren Anwendung nach den geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen nicht zulässig wäre; andererseits sollen sie Regulierungsbehörden und dem Gesetzgeber die Möglichkeit eröffnen, im Frühstadium Kenntnis von neuen Technologien zu erlangen und die rechtlichen Rahmenbedingungen entsprechend anzupassen. Das BMWK ist seit dem Jahr 2018 mit der Umsetzung einer ressortübergreifenden Reallabor-Strategie befasst, um die rechtlichen Bedingungen für Reallabore zu lockern. Es hat unlängst einen Entwurf für ein Reallabor-Gesetz vorgelegt, dem zufolge bestimmte Standards für Experimentierklauseln festgeschrieben und bereits bestehende Standards überprüft werden sollen. Begleitend zu diesem Gesetzesvorhaben soll eine „zentrale Anlaufstelle“ für Reallabore zur Prüfung von Experimentierklauseln geschaffen werden.

Das BMWK und die Bundesregierung in ihrer Gesamtheit zeigen sich offen für den Einsatz flexibler und vorausschauender Regulierung zur Förderung von Innovationen. Wie auch in anderen Bereichen innovativer Politikgestaltung besteht die Herausforderung darin, diese Ansätze als regierungspolitische Querschnittsaufgabe zu begreifen, deren ganzheitlichere und strategische Nutzung zu fördern und sicherzustellen, dass Beamte und Träger öffentlicher Ämter sowie deren Pendanten im Privatsektor sich der ihnen zur Verfügung stehenden Chancen bewusst sind und motiviert werden, die entsprechenden Instrumente zu nutzen. Die Bundesregierung hat in diesen Bereichen bereits Boden gutgemacht. Schon 2015 legte sie erstmals branchen- und technologiespezifische Programme wie beispielsweise das Digitale Testfeld Autobahn für autonomes Fahren auf. So beeindruckend diese Programme für sich genommen sind, fehlt es den diversen Initiativen doch an einer Vernetzung, was das Potenzial solcher Inselprojekte für regulatorische Flexibilität schmälert, zu umfassenderen – und strategischen – Regierungsambitionen beizutragen.

Für innovative Unternehmen, insbesondere für solche mit einem Profil im Bereich fortgeschrittene Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Daten, spielt die Regulierung betreffend den Einsatz von KI eine wichtige Rolle. In Deutschland ebenso wie in anderen Rechtssystemen bereiten die begrenzte Eignung bestehender Rechtsvorschriften und Standards sowie die Komplexität der mit KI und

maschinellern Lernen einhergehenden Abläufe Probleme. Ein einschlägiges Beispiel ist der Begriff der „Erklärbarkeit“ innerhalb von KI-Abläufen – d. h. die Fähigkeit, darzustellen und zu erklären, wie ein KI-Ablauf zu einer Entscheidung gelangt –, die für Regulierungsbehörden auf nationaler wie auch auf EU-Ebene nach wie vor gegeben sein muss. Dass Regulierungsbehörden auf Erklärbarkeit bestehen, ist nachvollziehbar – insbesondere im Kontext sensibler Anwendungen, beispielsweise in der Medizin. Allerdings ist es zunehmend schwierig, wenn nicht gar unmöglich, die Prozesse nachzuvollziehen, die in den neuronalen Netzwerken fortgeschrittener KI-Varianten zu Entscheidungen und Ergebnissen führen.

Der Umgang mit diesem Spannungsfeld innerhalb eines Regulierungsrahmens wird mit großer Wahrscheinlichkeit für politische Entscheidungsträger immer wichtiger werden. Erfolgreiche Ansätze sind dabei entscheidend, um sicherzustellen, dass Deutschland und die Europäische Union sich in der Zukunft zu begehrten Standorten für KI-gestützte Innovation entwickeln. Zu diesem Zweck hat insbesondere die Europäische Union eine Reihe von Dokumenten zu Fragen der Regulierung von KI ausgearbeitet, so beispielsweise das 2020 erschienene *Weißbuch zur Künstlichen Intelligenz* und der vom Gemeinsamen Forschungsbeirat herausgegebene *Technische Bericht zur Robustheit und Erklärbarkeit von Künstlicher Intelligenz* (Hamon, Junklewitz und Sanchez, 2020^[9]; Europäische Kommission, 2020^[10]). Auf nationaler Ebene hat Deutschland Fragen wie diejenige der Erklärbarkeit von KI mithilfe von Standardisierungseinrichtungen wie dem Deutschen Institut für Normung (DIN) untersucht, das im Jahr 2020 den *Deutschen Standardisierungsfahrplan für Künstliche Intelligenz* veröffentlichte (Wahlster und Winterhalter, 2020^[11]). So sehr diese Bemühungen von zukunftsorientierter Reflexion über die Möglichkeiten zeugen, wie KI mit dem Innovationssystem interagieren sollte und könnte, stellen sie doch den Versuch dar, die Grenzen einer Technologie vorab in Gesetzesform zu gießen, die sich noch in einem Frühstadium ihrer Entwicklung befindet.

6.1.3. Datenregulierung

Daten sind ein weiterer Regelungsbereich in Deutschland mit Auswirkungen insbesondere auf die Innovationstätigkeit. Das Verhältnis von Datenregulierung und Innovationssystem ist komplex und facettenreich, und die OECD-Empfehlung „Enhancing Access to and Sharing of Data“ (Erweiterter Zugang zu und Austausch von Daten) aus dem Jahr 2021 unterstreicht die Bedeutung dieses Themas für die internationale politische Agenda (OECD, 2021^[12]; OECD, 2015^[13]; Guellec und Paunov, 2018^[14]). Eine Reihe von regulatorischen Hürden bei der Erhebung und Nutzung von Daten beeinträchtigt die Möglichkeiten deutscher Unternehmen, die sich mit der Industrie 4.0 eröffnenden Chancen voll auszuschöpfen, wie auch die Möglichkeiten der deutschen Wirtschaft, datengesteuerte Firmen im Dienstleistungssektor zu fördern und aufzubauen. Hinzu kommt natürlich auch eine internationale Dimension: Datenregulierung und Datenkonformität können Marktchancen eröffnen, errichten jedoch auch rechtliche Barrieren, die einige Unternehmen davon abhalten, sich in diesem Bereich an Innovationen zu wagen (Casalini, López-González und Nemoto, 2021^[15]).

Datenschutzregelungen auf nationaler und EU-Ebene begrenzen die Nutzung personenbezogener Daten. Innerhalb Deutschlands wird die Einhaltung von Datenschutzvorschriften durch regulatorische Fragmentierung erschwert, da das Land über 18 eigenständige regionale Datenschutzbehörden verfügt. Unlängst ergab eine repräsentative Befragung der Bitkom (des Branchenverbands der deutschen Digitalwirtschaft) von 502 Firmen, dass die Einhaltung deutscher Datenschutzregelungen nach wie vor zu erheblichen Mehrkosten auf Seiten der Unternehmen führt und dass die Unterstützung durch Regulierungsbehörden qualitativ unzureichend sei (Bitkom, 2021^[16]). Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) wurde 2018 von der Europäischen Kommission eingeführt, um die Datenschutzvorschriften auf dem gesamten europäischen Markt für sämtliche auf dem EU-Markt tätigen Firmen zu harmonisieren. Die Befragten der Bitkom-Erhebung gaben an, dass seit Einführung der DSGVO der Erfüllungsaufwand gestiegen sei. Doch gibt es auch Belege dafür, dass die DSGVO mithilfe des stärker harmonisierten Regulierungsrahmens Chancen für Innovationen geschaffen und zugleich die Regelkonformität von Unternehmen vereinfacht hat (Martin et al., 2019^[17]). Überdies hat das Regelwerk Datenschutz zu einem zentralen Anliegen gemacht

und damit einem wesentlichen Element zur Stärkung des Verbrauchervertrauens gegenüber datenbasierten Geschäftsmodellen Gewicht gegeben.

6.2. Innovationsfördernde Breitband- und Dateninfrastruktur

Verlässliche Infrastruktur – einschließlich höherwertiger Breitband- oder Mobilfunknetze ergänzend zu den herkömmlichen Bereichen der „harten Infrastruktur“ – ist eine Voraussetzung für Innovationen und deren Anwendung in der Arbeitswelt. Nicht weniger wichtig sind jedoch innovative Ansätze beim Infrastrukturausbau selbst, insbesondere wenn man die Rolle der öffentlichen Infrastruktur für die Klimaresilienz oder die Bedeutung des infrastrukturellen Rahmens zur Unterstützung der industriellen Dekarbonisierung (wie in Kapitel 11 erörtert) berücksichtigt.

Daten sind eine zunehmend wichtigere Vorleistung für Innovationstätigkeit und spielen angesichts dreier Schlüsselfunktionen eine entscheidende Rolle:

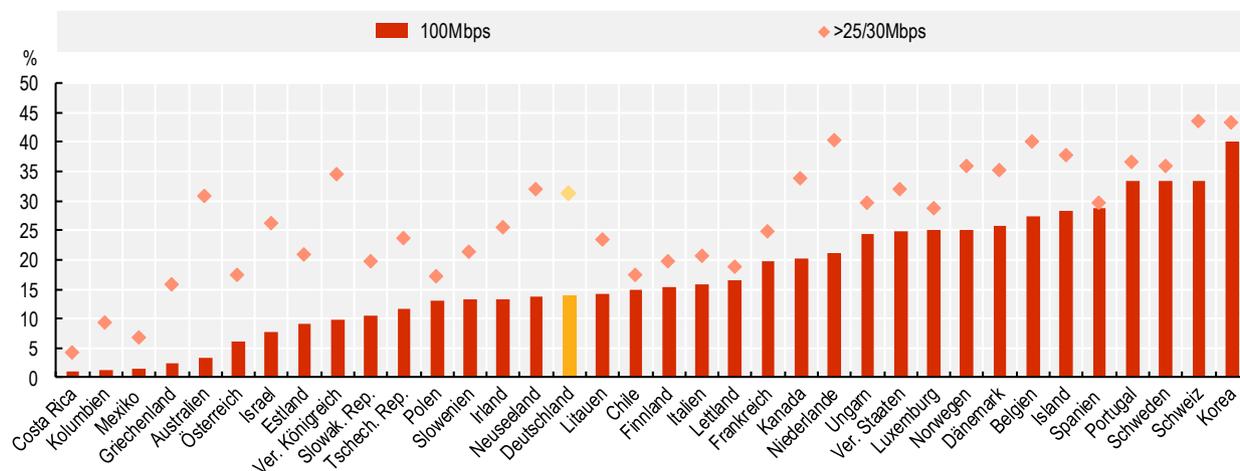
- Erstens können Unternehmen anhand von Daten aus Produktion, Logistik und Forschung Innovationen an Wertschöpfungsketten vornehmen und die Effizienz beim Energieverbrauch und anderen Leistungen verbessern. Umgekehrt führt die Digitalisierung dieser Prozesse dazu, dass weitere Daten generiert werden, die ihrerseits als Grundlage für Innovationen dienen.
- Zweitens können Geschäftsdaten zur Entscheidungsfindung in den Bereichen intelligente Netztechnologie und Dekarbonisierung beitragen. Durch Geschäftsvorgänge erzeugte Daten sind daher ganz wesentlich für die ökologische Transformation.
- Drittens wird die Digitalisierung des öffentlichen Sektors es den politischen Entscheidungsträgern ermöglichen, wirkungsvollere Instrumente zur Gestaltung politischer Interventionen, zur Entwicklung von Szenarien und für die Zwecke der vorausschauenden Analyse zu nutzen sowie das für innovative Unternehmen relevante öffentliche Dienstleistungsangebot sprunghaft auszuweiten.

Dieser Abschnitt befasst sich mit dem Stand der digitalen Konnektivität, von der es abhängt, inwieweit Daten das Innovationssystem und die Transformationsziele Deutschlands fördern können.

Im jüngsten Prüfbericht der OECD zur Wirtschaftslage in Deutschland wurden die infrastrukturellen Herausforderungen skizziert, denen sich Deutschland bei der Erweiterung der Verfügbarkeit hochwertiger Breitbandzugänge gegenübersehen muss; diese Defizite belasteten Deutschland während der Covid-19-Pandemie (OECD, 2020^[18]). Ein vergleichsweise geringes Niveau digitaler Konnektivität, insbesondere bei schnellen Breitband-Festnetzanschlüssen (Abbildung 6.3), vermindert das wirtschaftliche und innovative Potenzial der Digitalisierung. Bestehende Ungleichheiten können dadurch noch vertieft werden – so etwa in Deutschland, das durch ein signifikantes Stadt-Land-Gefälle im Bereich der Konnektivität gekennzeichnet ist. Im Jahr 2019 verfügten 94 % der Haushalte in großen Städten über einen Zugang zum Breitband-Festnetz mit Download-Geschwindigkeiten von mehr als 100 Megabits pro Sekunde (Mbit/s), gegenüber nur 53 % der Haushalte in den ländlichen Kommunen (OECD, 2020^[18]). Begrenzt verfügbare Breitband-Hochgeschwindigkeitstechnik kann die Nutzung von IKT-Instrumenten – von einfacheren Abläufen wie der unternehmensinternen Ressourcenplanung und dem Kundenbeziehungsmanagement bis hin zu komplexeren Anwendungen wie Big-Data-Analysen, sozialen Medien und Cloud-Computing – beeinträchtigen (OECD, 2021^[19]). Diese angebotsseitige Problematik kann sich auch auf der Nachfrageseite bei neuen, technologieintensiven Dienstleistungen mit großem Datenvolumen auswirken, da Konnektivitätsbarrieren die Fähigkeit von Haushalten und Unternehmen hemmen, diese Dienstleistungen zu nutzen. Dies ist vielleicht ein Grund für die weiterhin geringe Akzeptanz von datenlastigen und fortgeschrittenen IKT-Instrumenten bei den Unternehmen, wie oben erörtert.

Abbildung 6.3. Deutschland weist einen geringen Anteil von Internetzugängen im Hochgeschwindigkeitsbereich auf (2020)

Breitband-Festnetzverträge mit einer vertraglich vereinbarten Geschwindigkeit von mehr als 25/30 Mbit/s und 100 Mbit/s, Juni 2021

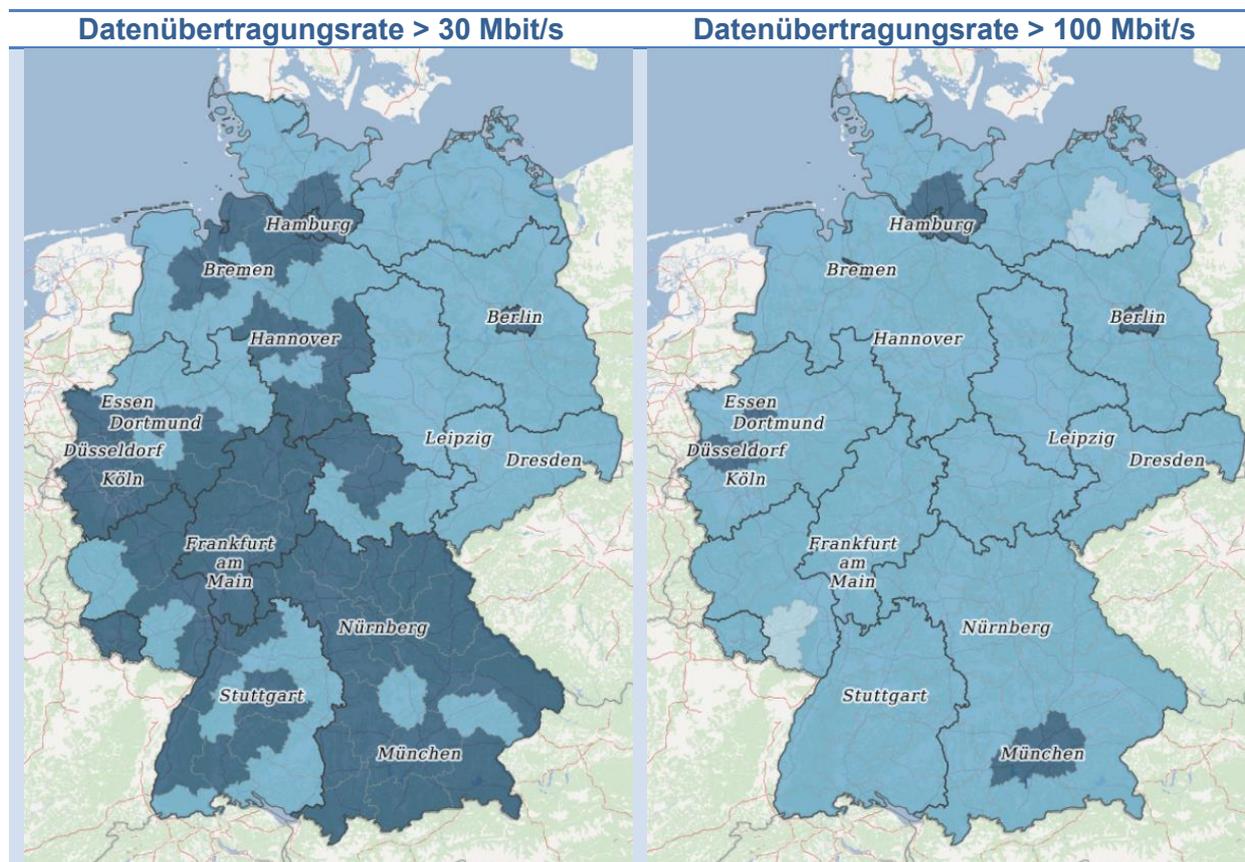


Anmerkung: Dänemark: Die Daten entsprechen vorläufigen Schätzungen der OECD, Schweiz: vorläufige Daten; basierend auf den Geschwindigkeiten für 2020.

Quelle: OECD (o. J.^[20]), *Broadband Portal*, <https://www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm>.

Im Jahr 2020 kam Deutschland auf 44 Breitband-Festnetzverträge je 100 Einwohner und lag damit über dem OECD-Durchschnitt von 33. Allerdings ist die Anzahl der Verträge im Hochgeschwindigkeitssegment – Grundvoraussetzung für die Nutzung von zentralen IKT-Tools wie Cloud-Computing und Datenverarbeitung – gering. Die überwiegende Mehrzahl der Breitband-Festnetzverträge entfällt auf Digital Subscriber Line (DSL)-Technologie, ein Anzeichen für den geringen Anteil der Hochgeschwindigkeitsanschlüsse, wie in Abbildung 6.3 zu erkennen; der Anteil der Glasfaserverbindungen liegt mit 4,1 % weit unter dem OECD-Durchschnitt von 28 %. Der Zugang zum Breitband-Hochgeschwindigkeitsnetz hängt zudem stark von der Region ab (Abbildung 6.4), was u. U. zu einer digitalen Spaltung zwischen KMU und sonstigen Unternehmern führen beziehungsweise bestehende Ungleichheiten noch verschärfen könnte. Die regionale Abhängigkeit der Konnektivität unterstreicht, wie wichtig es ist, dass kommunale Behörden Fördermittel des Bundes verlässlich auszahlen können, um ihre digitale Infrastruktur auszubauen – ein Ziel, das bisweilen stärker durch administrative Hürden behindert wird als durch die Verfügbarkeit von Investitionsmitteln (OECD, 2020^[18]). Angesichts des Umstands, dass die DSL-Technologie, die in vielen ländlichen Räumen nach wie vor am weitesten verbreitet ist, für analoge Sprachdienste im Niedriggeschwindigkeitssegment ausgelegt war, sind diese Verbindungen durch ihre systembedingt asymmetrische Auslegung beeinträchtigt und weitgehend ungeeignet für viele moderne IKT- und datenintensive Anwendungen. Die Nachfrage nach besseren Services ist nachweislich vorhanden und die Unternehmen in Deutschland würden mit großer Wahrscheinlichkeit von höherwertiger Konnektivität profitieren. Zu erwarten wären nicht nur Produktivitätsgewinne, sondern auch neue Innovationstätigkeiten, die bisher unmöglich waren.

Abbildung 6.4. Zugang zum schnellen Breitband-Festnetz ist von der geografischen Lage abhängig



Anmerkung: Hellblau – 10–50 % der Haushalte, mittelblau 50–75 %, dunkelblau 75–95 %.

Quelle: MIG (o. J.^[21]), „Breitbandatlas“, <https://netzda-mig.de/breitbandatlas/interaktive-karte> (Abruf: 1. April 2022).

Eine tragende Säule der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft ist der Ausbau des 5G-Netzes im Land. Fortschritte wurden in diesem Bereich bereits erzielt (obwohl bislang auf internationaler Ebene kein hinreichender Konsens besteht, anhand welcher Richtwerte die 5G-Einführung zu bewerten ist); so meldete die Bundesnetzagentur im Dezember 2021, dass 53 % der Landesfläche – rd. 80 % der Bevölkerung – nun von mindestens einem 5G-Netzanbieter abgedeckt seien (BNetzA, 2021^[22]). Die Ausweitung des 5G-Netzes ist eine wichtige Rahmenbedingung für das Programm Industrie 4.0 des BMWK, das Produktivität und Effizienz erhöhen soll, indem es den Privatsektor bei der Einbettung digitaler und fortgeschrittener Technologien in die Produktionsprozesse unterstützt. Die Autor*innen einer Studie des deutschen Anbieters von Marktinformationen International Data Corporation (IDC) ermittelten, dass 59 % der befragten 254 Unternehmen aus 5 Wirtschaftssektoren Industrieanwendungen des Internets der Dinge planen und sich beim Einsatz dieser zentralen Komponente von Industrie 4.0 auf 5G-Technologie stützen wollen (IDC, 2020^[23]). Wichtig ist dabei, dass sich auch Glasfaser-Internet und WLAN für das Internet der Dinge eignen.

Das Beispiel 5G und seine Bedeutung für die Digitalisierung des Privatsektors zeigen, wie wichtig es ist, in die grundlegenden Rahmenbedingungen solcher Transformationen zu investieren. Neben der allgemeinen Konnektivitätsinfrastruktur gehören dazu auch die davon abhängigen Services wie beispielsweise Cloud-Computing und Dateninfrastrukturen. Cloud-basierte Computerdienste und Datenspeicherung sind

für Anwendungen des Internets der Dinge wie beispielsweise die Analysen zur vorausschauenden Instandhaltung von Bedeutung, doch liegen deutsche Unternehmen bei der Einführung solcher Anwendungen signifikant hinter den leistungsfähigsten OECD-Ländern, wie in Kapitel 10 dieses Berichts ausgeführt.

6.3. Arbeitsmarktbedingungen

6.3.1. Arbeitsrechtliche Bestimmungen und Arbeitsmarkt

Arbeitsmärkte interagieren mit Innovationsbestrebungen dergestalt, dass sie Unternehmen ermöglichen, Arbeitskräfte mit den für Innovationen erforderlichen Kompetenzen zu rekrutieren und einzustellen, was wiederum zur Verbreitung neuer technologischer Kenntnisse innerhalb der Volkswirtschaft beiträgt. Deutschland weist in der historischen Betrachtung starke Leistungen in dem Bemühen auf, Arbeitsmarkteinsteiger*innen mit den erforderlichen Kompetenzen und dem Fachwissen auszustatten, um in den führenden innovativen Branchen des Landes erfolgreich zu sein. Die Herausforderung wird in den kommenden Jahren darin bestehen, angesichts des Wandels bei den nachgefragten Fertigkeiten und Kenntnissen (beispielsweise infolge einer stärkeren Ausrichtung auf digitale und IKT-Kompetenzen anstelle mechanischer Fertigkeiten) sicherzustellen, dass die Programme und Institutionen, in denen Arbeitskräfte entsprechend dem Bedarf von Unternehmen ausgebildet werden, sich an die neuen Anforderungen anpassen.

Der Beschäftigungsschutz ist generell in Deutschland stark ausgeprägt, nur in sechs anderen OECD-Ländern ist das Kündigungsschutzniveau hinsichtlich Einzel- und Massenentlassungen höher (OECD, o. J.^[24]). Qualifikationsniveaus spielen im Allgemeinen für die Einstellungs- und Entlassungsbedingungen keine Rolle (OECD, 2019^[25]). Einer Studie von Mühlemann und Pfeifer (2016^[26]) zufolge belaufen sich die Kosten für die Einstellung von qualifizierten Arbeitskräften in Deutschland im Durchschnitt auf acht Wochenlöhne und steigen mit der Unternehmensgröße. In einer Umfrage aus dem Jahr 2017 unter 12 775 Führungskräften (darunter 112 aus Deutschland) in 137 Ländern erzielte Deutschland den 18. Rang in punkto Flexibilität der Einstellungs- und Entlassungsbedingungen – rein numerisch über dem Durchschnitt, bei einem Wert von 4,66 auf einer Skala von 1 (stark durch Vorschriften behindert) bis 7 (sehr flexibel). Deutschland wurde höhere Flexibilität als Italien (3), Japan (3,5), Korea (3,54) und Frankreich (3,67) bescheinigt, ist aber stärker reguliert als das Vereinigte Königreich (4,99) und die Vereinigten Staaten (5,31) (Weltbank, 2018^[27]).

6.3.2. Arbeitsmarktentwicklung während der Covid-19-Pandemie

Der deutsche Arbeitsmarkt blieb während der Covid-19-Pandemie von März 2020 bis März 2022 vergleichsweise widerstandsfähig, bei moderaten Arbeitsplatzverlusten im Vergleich zu anderen OECD-Ländern. Zum Teil resultiert dies aus der Stärke des deutschen Kurzarbeitsmodells, bei dem die Arbeitgeber die Arbeitszeiten von Mitarbeitenden reduzieren, statt diese freizustellen. Auch andere OECD-Länder griffen im Verlauf der Covid-19-Krise massiv auf Kurzarbeit zurück. In Deutschland kam das Kurzarbeitsmodell bereits während der weltweiten Finanzkrise zum Einsatz, um Arbeitsplätze zu erhalten; damals war es jedoch im Verarbeitenden Gewerbe wesentlich weiter verbreitet, während zu Zeiten der Pandemie rd. 80 % der Anträge auf Kurzarbeit auf den Dienstleistungssektor entfielen (OECD, 2021^[19]).

Im Mai 2021 lag die saisonal bereinigte Arbeitslosenquote in Deutschland bei 3,7 %, der viertniedrigste Wert innerhalb der OECD. Dieses Niveau war nur 0,2 Prozentpunkte höher als der Wert zu Beginn der Krise und 0,4 Prozentpunkte unter dem Höchstwert während der Pandemie; der jeweilige Anstieg war signifikant geringer als in anderen OECD-Volkswirtschaften wie beispielsweise den Vereinigten Staaten und Kanada (OECD, 2021^[28]). Die Jugendarbeitslosigkeit in Deutschland ist höher (8 % im Mai 2021), doch auch damit liegt das Land innerhalb der OECD an vierter Stelle; der Wert befindet sich nur marginal über der entsprechenden Quote vor der Pandemie. Allerdings hatte die Covid-19-Pandemie, wie in

anderen OECD-Ländern auch, vielfältige Auswirkungen auf den deutschen Arbeitsmarkt, insbesondere im Hinblick auf Ausbildungschancen sowie die Verlagerung von Arbeitsmarktteilnehmern, die während der Covid-19-Krise eine Herausforderung darstellte.

Der vergleichsweise geringe Einsatz von digitalen Hilfsmitteln am Arbeitsplatz und in den Haushalten verdeutlicht, dass Deutschland auch vor Herausforderungen hinsichtlich Resilienz und Flexibilität steht. Im Zuge der Pandemie verließ sich das Land in wesentlich geringerem Maße auf Telearbeit als vergleichbare OECD-Länder. Dies galt bereits vor der Pandemie, als lediglich 10 % der Beschäftigten in Deutschland gelegentlich von zu Hause arbeiteten, im Vergleich zu 18 % in Frankreich sowie über 20 % im Vereinigten Königreich und in den Vereinigten Staaten. Während der Krise verdreifachte sich dieser Anteil in Deutschland (auf 31 %), blieb jedoch unter dem Wert in Frankreich (33 %), und ganz erheblich unterhalb der Werte im Vereinigten Königreich und in den Vereinigten Staaten (jeweils rd. 50 %) (OECD, 2021^[28]). Die Inanspruchnahme von Telearbeitsmodellen in Deutschland ist stark abhängig vom Bildungsniveau der Arbeitskräfte. Die Wahrscheinlichkeit, dass Hochschulabsolvent*innen während der Pandemie von zu Hause arbeiteten, war doppelt so hoch wie bei Mitarbeitenden mit höchstem Abschluss auf der Sekundarstufe und nahezu fünfmal höher als bei Arbeitskräften ohne einen solchen Abschluss. Arbeitnehmer*innen in den oberen 25 % der Einkommensverteilung nutzen mit mehr als 50 % höherer Wahrscheinlichkeit Telearbeit als solche in den unteren 25 %.

6.4. Kompetenzen und Fähigkeiten für Innovationen in Deutschland

6.4.1. Übersicht zum Angebot an Kompetenzen und Fähigkeiten für Innovationen

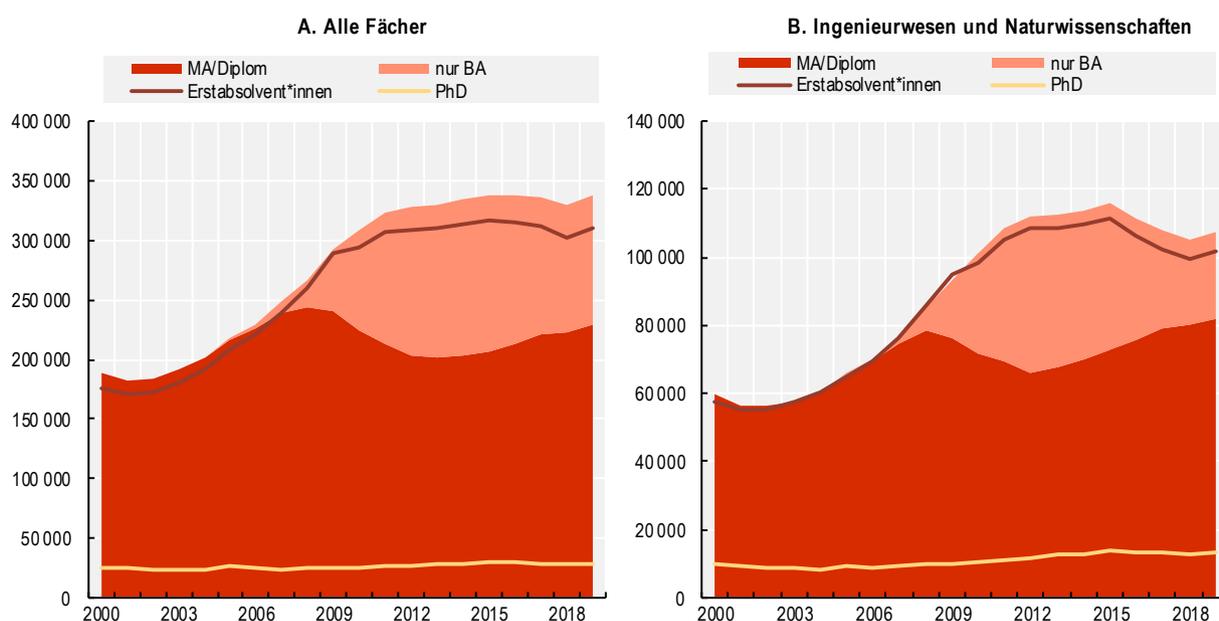
Das deutsche Innovationssystem wird durch ein gut ausgebildetes und hochqualifiziertes Arbeitskräfteangebot unterstützt; zudem verzeichnete der tertiäre Bildungsbereich innerhalb der vergangenen beiden Jahrzehnte starke Zuwächse. 32 % der jungen Erwachsenen (im Alter von 25–34 Jahren) verfügten in Deutschland im Jahr 2018 über einen Tertiärabschluss, gegenüber 24 % im Jahr 2008; der OECD-Durchschnitt liegt allerdings mit 44 % höher. Der Anteil der Hochschulabsolvent*innen in der deutschen Gesamtbevölkerung stieg von rd. 17 % zu Beginn der 2000er Jahre auf 32 % im Jahr 2019 und verzeichnet seither eine konstante Wachstumsrate (OECD, 2019^[29]).

Der Anstieg bei der Anzahl der Hochschulabsolvent*innen in Deutschland setzte im Jahr 2002 ein und beschleunigte sich nach der Umstellung der auf Diplomabschlüssen fußenden Lehrpläne hin zu einem Bachelor-/Master-System im Jahr 2009. Im Jahr 2001 hatte die Anzahl der Erstabsolvent*innen ihren tiefsten Stand erreicht (172 000), in der Folge legte sie von Jahr zu Jahr zu und erreichte im Jahr 2015 mit 317 000 einen Höchststand. Dabei hatte das neue BA/MA-System eine wachsende Zahl von BA-Absolvent*innen hervorgebracht, die sich im Anschluss nicht für ein MA-Studium einschrieben. Die Anzahl der Absolvent*innen mit Diplom- oder Master-Abschluss gipfelte im Jahr 2008 bei 244 000, sank dann bis 2013 auf 201 000, um danach erneut leicht anzusteigen (229 000 im Jahr 2019).

Eine Bestandsaufnahme anhand von Stellenausschreibungen im Privatsektor lässt erkennen, dass die meisten Unternehmen nach wie vor MA-Absolvent*innen für die Besetzung von Stellen mit Anforderungen im akademischen Bereich auswählen. Während der Bund und die Landesregierungen ursprünglich davon ausgingen, dass nur ein Bruchteil der BA-Absolvent*innen einen MA-Abschluss anstreben würde, nehmen de facto rd. 90 % der BA-Absolvent*innen der allgemeinen und technischen Hochschulen ein MA-Studium auf. Dieser Anteil fällt an den Fachhochschulen (mit rd. 40 %) merklich geringer aus (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020^[30]). Folglich sinkt der Anteil der BA-Absolvent*innen ohne MA-Abschluss an der Gesamtzahl der Graduierten, insbesondere in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (einschließlich Mathematik und Informatik), ein Umstand mit besonderer Relevanz für das Angebot hochqualifizierter Arbeitskräfte für innovative Unternehmen. Die Anzahl der Absolvent*innen mit Dokortitel stieg in diesen Bereichen ebenfalls, von 9 000 im Jahr 2006 auf mehr als 13 000 im Jahr 2015.

Graduierte in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) sind von besonderer Bedeutung für Innovationen im Unternehmensumfeld. In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat die Anzahl der Absolvent*innen mit MA- und Dokortiteln in diesen Disziplinen rascher zugenommen als die Gesamtzahl der Graduierten (Abbildung 6.5). Der Anteil der MA-Absolvent*innen in MINT-Fächern stieg von 30 % im Jahr 2005 auf 36 % im Jahr 2019. Der Zuwachs fiel bei den Absolvent*innen von Promotionsstudiengängen noch deutlicher aus, von 36 % im Jahr 2005 auf 46 % im Jahr 2019. Dem Datenmaterial der OECD Education Database zufolge liegt der Anteil der MINT-Hochschulabsolvent*innen in Deutschland höher als in fast allen Vergleichsländern mit Ausnahme Japans (OECD, 2021^[31]). Zudem steigt die Anzahl der Absolvent*innen mit MA- und Dokortiteln in MINT-Fächern rascher an als die Gesamtzahl der Graduierten. MINT-Absolvent*innen haben eine Schlüsselfunktion bei der Bewältigung neuer technologischer und gesellschaftlicher Herausforderungen sowie für den Innovationsbedarf in der Industrie.

Abbildung 6.5. Anzahl der Hochschulabsolvent*innen in Deutschland, 2000–2019



Quelle: OECD-Berechnungen auf Basis von Daten aus Destatis (o. J.^[32]).

Das Angebot an Studienabgänger*innen mit den genannten Qualifikationen ist in den vergangenen zehn Jahren recht stabil geblieben, wenn man die absoluten Zahlen betrachtet. Deutschland zählt pro Jahr rd. 16 000 Erstabsolvent*innen in IT-bezogenen Studiengängen, sowie zwischen 10 000 und 12 000 Absolvent*innen, die ihre Prüfungen in beruflichen IT-Bildungsgängen bestanden haben. Im Zeitraum zwischen den frühen 2000er Jahren und 2009 stieg die Anzahl der Erstabsolvent*innen von Hochschulstudiengängen im IT-Bereich als Reaktion auf den signifikanten Mangel an Fachkräften in den späten 1990er Jahren während des Booms der „New economy“ stark an. Das Angebot an IT-Absolvent*innen der Hochschul- und Berufsbildung wird in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter anwachsen, da die Anzahl der Lernenden im ersten Ausbildungs- beziehungsweise Studienjahr zunimmt – vermutlich infolge der gestiegenen öffentlichen Aufmerksamkeit für die Digitalisierung. Mit dem Übergang vom Diplom- zum BA/MA-System war die Anzahl der Absolvent*innen mit IT-bezogenen Diplom- oder MA-Abschlüssen signifikant gefallen, von 14 000 im Jahr 2007 auf weniger als 8 000 im Jahr 2014, insbesondere weil etliche Fachhochschulstudenten sich im Anschluss gegen einen MA-Studiengang entschieden. Die Zahl ist jedoch seither wieder angestiegen.

Deutschland erzielt in internationalen Ranglisten zudem Spitzenplätze bei den Promotionen und dem Wechsel von Forscher*innen in den Wirtschaftssektor. Rund 29 000 Graduierte schließen jährlich in Deutschland einen Promotionsstudiengang ab, mehr als die Hälfte erhält einen Doktorgrad in Naturwissenschaften, Mathematik oder Ingenieurwissenschaften. Diese Zahlen sind wesentlich höher als in den übrigen EU-Mitgliedstaaten. Insgesamt liegt der Bevölkerungsanteil mit Doktorgrad in Deutschland (1,6 % im Jahr 2020) über dem OECD-Durchschnitt (1,3 %) und ist ähnlich hoch wie in Australien, Norwegen und im Vereinigten Königreich, allerdings niedriger als in den Vereinigten Staaten (2,0 %) und in führenden Ländern wie der Schweiz (3,0 %) oder Slowenien (5,2 %) (OECD, 2021^[31]).

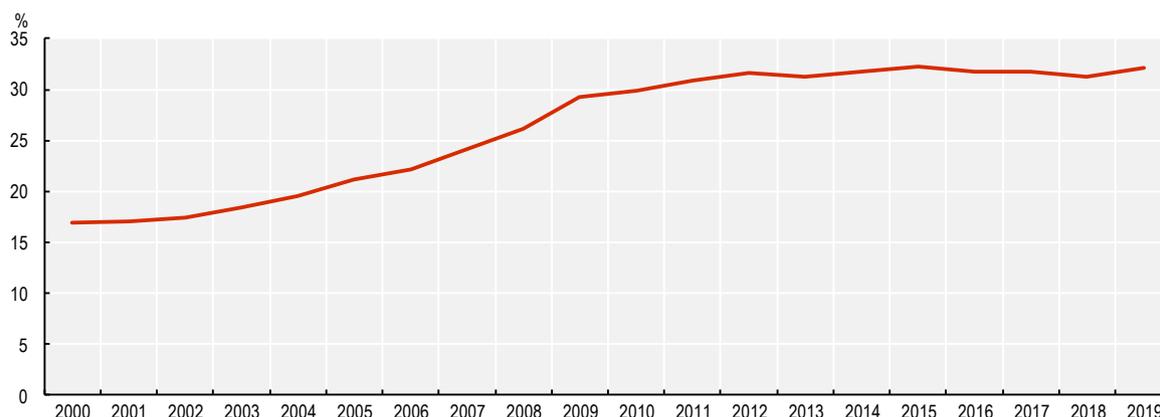
Der unterdurchschnittliche Anteil von Hochschulabsolvent*innen in Deutschland wird kompensiert – und mit einiger Wahrscheinlichkeit auch verursacht – durch das hoch entwickelte und weithin anerkannte duale Ausbildungssystem, das das Lernen an Berufsschulen mit der Ausbildung am Arbeitsplatz kombiniert. Mehr als 50 % der Erwachsenen im Alter von 25–64 Jahren und 40,8 % derjenigen im Alter von 25–36 Jahren erwarben im Jahr 2019 einen berufsbildenden Abschluss des Sekundarbereichs II oder des postsekundären Bereichs. In den vergangenen Jahrzehnten hat die berufliche Aus- und Weiterbildung eine wichtige Rolle bei der Erweiterung der Kompetenzen und Fähigkeiten der deutschen Erwerbsbevölkerung gespielt. Was den tertiären Bereich betrifft, gehört der Anteil der Abschlüsse weiterführender Studiengänge zu den höchsten innerhalb der OECD: 1,6 % der 25- bis 64-Jährigen haben ein Promotionsstudium oder einen vergleichbaren Studiengang absolviert (dies entspricht dem achten Rang innerhalb der OECD); das gleiche gilt für 2,1 % der Erwachsenen unter 35 (dritter Rang) (OECD, 2021^[33]). Allerdings ist das Kontingent der Arbeitskräfte mit abgeschlossener Berufsausbildung in der Fertigung, im Handwerk und in spezialisierten Dienstleistungen in Deutschland um 19 % gesunken, von 444 000 im Jahr 2005 auf 359 000 im Jahr 2019. Demgegenüber stieg die Anzahl der Erstabsolvent*innen an Hochschulen um 49 %, von 208 000 im Jahr 2005 auf 311 000 im Jahr 2019.

Zudem schneiden die Deutschen im internationalen Vergleich bei den nicht fachspezifischen Kompetenzen gut ab. Erwachsene in Deutschland liegen bei den Schlüsselkompetenzen in der Informationsverarbeitung oberhalb des OECD-Durchschnitts (siehe die Erhebung von 2018 zu Schlüsselkompetenzen von Erwachsenen [PIAAC]) (OECD, 2019^[34]). Den von PIAAC erhobenen Daten zufolge erzielte Deutschland vergleichsweise gute Ergebnisse beim Aufbau grundlegender Kompetenzen, während die durchschnittliche Lesekompetenz von 15-jährigen Schüler*innen in Deutschland im Zeitraum von 2000 bis 2018 stärker zunahm als im OECD-Durchschnitt.

6.4.2. Kompetenzen und Fähigkeiten in Deutschland: Chancen und Herausforderungen

Zu beachten ist, dass die Ausweitung des Kontingents akademisch ausgebildeter Menschen in Deutschland in den vergangenen zwei Jahrzehnten mit einer Phase des demografischen Wandels zusammenfiel, der zu einem Rückgang des Anteils junger Menschen in der Bevölkerung führte (Abbildung 6.6). Dadurch bedingt stieg der Anteil der Hochschulabsolvent*innen unter Gleichaltrigen sprunghaft an, von rd. 17 % in den frühen 2000er Jahren auf 32 % im Jahr 2019. Der Zuwachs vollzog sich im Wesentlichen zwischen 2002 und 2012, wohingegen in den letzten sieben Jahren wenig positive Dynamik zu verzeichnen war. Dies erschwert zusätzlich die Herausforderung, die erforderlichen Kompetenzen bereitzustellen.

Abbildung 6.6. Anteil der Erstabsolvent*innen an Hochschulen an der gleichaltrigen Gesamtbevölkerung in Deutschland, 2000–2019



Quelle: OECD-Berechnungen auf Basis von Daten aus Destatis (o. J.^[35]).

Es bestehen Chancen, die Kompetenzen und Fähigkeiten in Deutschland durch höhere Diversität auszubauen. Derzeit sind in den MINT-Studiengängen zwei von drei Hochschulabsolvent*innen Männer, womit sich die Unterrepräsentation der Frauen in Schlüsselsektoren für Innovation verfestigt. Personen aus unterrepräsentierten Gruppen, z. B. aus Nichtakademikerhaushalten und Haushalten mit Migrationshintergrund, anzuwerben und für Innovationstätigkeit zu motivieren, wäre eine wichtige Komponente einer Strategie zum Abbau des Fachkräftemangels, wie in Kapitel 15 zum Thema Teilhabe ausgeführt.

Die traditionelle deutsche Verzahnung des öffentlichen mit dem privaten Sektor, die die geeigneten Kompetenzen für ein erfolgreiches deutsches Innovationssystem bereitgestellt hat, muss nun in einem veränderten Umfeld genutzt werden. Das Hochschulmodell Humboldt'scher Prägung, das von jeher die Forschung, Wissenserzeugung und intellektuelle Neugier in den Mittelpunkt gestellt hat, hat zusammen mit den hoch angesehenen deutschen Technischen Universitäten und ihrer Ausrichtung auf die Ingenieurwissenschaften und angewandten Wissenschaften dazu beigetragen, den Arbeitsmarkt mit einer großen Zahl gut ausgebildeter Neuzugänge zu versorgen. Die enge Zusammenarbeit zwischen der Industrie und der Wissenschaft in deutschen Bildungseinrichtungen gewährleistet bislang, dass die Kompetenzen der Absolvent*innen für die Innovationen und praktischen Anwendungen des Industriesektors geeignet sind.

6.4.3. Fachkräftemangel und seine Folgen für die Innovation

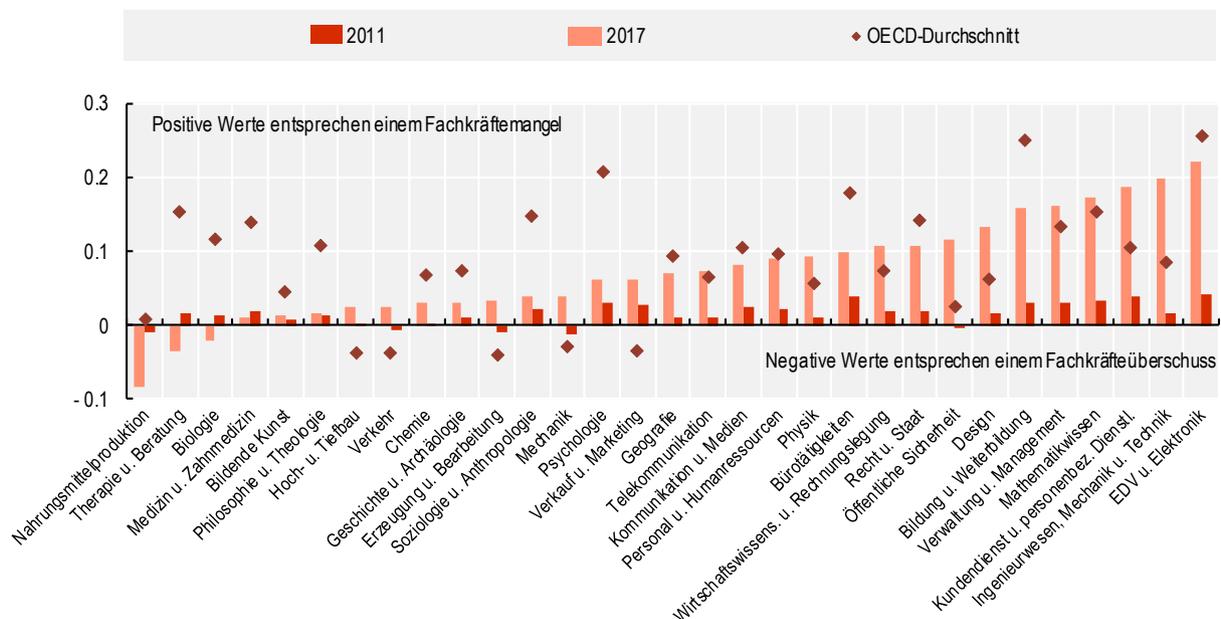
Trotz der guten Ausstattung mit qualifizierten und leistungsfähigen Arbeitskräften sind im deutschen Innovationssystem bestimmte Kernkompetenzen nur begrenzt verfügbar. Dies wird sich in Zukunft mit einiger Wahrscheinlichkeit infolge der alternden Bevölkerung zu einer größeren Herausforderung entwickeln. Der Mannheimer Innovationserhebung von 2018 zufolge verwiesen 34 % der befragten Unternehmen auf den Fachkräftemangel als das größte Hemmnis für Innovationstätigkeit, gegenüber 10 % im Jahr 2006 (ZEW, 2018^[36]). Die Mannheimer Studie erhob auch Daten zur Anzahl der unbesetzt gebliebenen, mit Verzögerung besetzten oder mit unzureichend qualifiziertem Personal besetzten Stellen, ergänzt durch Informationen zu den ursprünglich für die Stellen geforderten Kompetenzen. Die Analyse von 1,1 Mio. Stellenausschreibungen, die von 297 000 befragten Unternehmen im Jahr 2017 veröffentlicht wurden, ließ erkennen, dass 18,2 % aller angebotenen Stellen bis zum Zeitpunkt der Erhebung offen blieben (zweites und drittes Quartal 2018), was rd. 200 000 Stellen entspricht. Des Weiteren konnte für 33 % (361 000 Stellen) Personal nur mit Verzögerung gefunden werden oder die erfolgreichen Bewerber*innen verfügten nicht über die geforderten Qualifikationen. 48,7 % (534 000) der offenen Stellen konnten wie geplant besetzt werden.

Ebenfalls der Mannheimer Studie zufolge waren 36 % der befragten Firmen auf der Suche nach zusätzlichem Personal mit akademischer Ausbildung in Ingenieur- und Naturwissenschaften oder anderen akademischen Fächern; 9 % der Unternehmen hatten Vakanzen für Mitarbeiter*innen in den Bereichen Informatik, Mathematik und Statistik. Was technologische Kompetenzen betrifft, werden einigen Schätzungen zufolge deutsche Unternehmen bis zum Jahr 2023 rd. 700 000 Arbeitskräfte mehr benötigen, als im Jahr 2019 verfügbar waren; insbesondere Kompetenzen in der Analyse komplexer Daten und in benutzerorientiertem Design werden gefragt sein (Kirchherr et al., 2018^[37]). Zudem dürfte die zunehmende Ausrichtung der Branchen auf digitale Dienstleistungen und Innovationen interdisziplinäre Ansätze erfordern (Paunov, Planes-Satorra und Moriguchi, 2017^[38]).

In sieben von zehn Berufsfeldern mit hohen Qualifikationsanforderungen besteht Fachkräftemangel, einer der höchsten Werte im OECD-Raum (OECD, 2021^[39]); besonders ausgeprägt ist dieses Phänomen im Computer- und Elektroniksektor, im Ingenieurwesen und in der Mathematik sowie im Kundenservice und bei den personenbezogenen Dienstleistungen (Abbildung 6.7). Der Fachkräfteengpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit aus dem Jahr 2019 zufolge traten die größten Beschäftigungseinpässe in den medizinischen und Pflegeberufen, in der IT sowie in Baugewerbe und Handwerk auf (Bundesagentur für Arbeit, 2020^[40]).

Abbildung 6.7. Signifikanter Fachkräftemangel besteht in MINT-bezogenen Wissensgebieten

Wissensdomänen mit Fachkräftemangel oder -überangebot



Anmerkung: Die Datenbank *Skills for Jobs* (Fachkenntnisse für Arbeitsstellen) stellt bezüglich Fachkenntnissen entweder einen Mangel oder ein Überangebot fest. Diese Ungleichgewichte werden über eine zweigeteilte Herangehensweise gemessen. Zunächst wird ein „Indikator für berufsbezogenen Fachkräftemangel“ für 33 Berufe berechnet; die Grundlage dafür bildet eine Analyse der Zuwächse der Gehälter, der Beschäftigung und der Arbeitsstunden, außerdem werden die Arbeitslosenquote und die Veränderung bei der Unterqualifikation betrachtet. Für jedes Land werden langfristige Trends dem in der Gesamtwirtschaft zu beobachtenden Trend gegenübergestellt. Auf der Grundlage der Datenbank *O*NET* wird der „Indikator für berufsbezogenen Fachkräftemangel“ sodann genutzt, um Indikatoren für den Mangel bzw. Überschuss an Fachkenntnissen zu entwickeln. Wissensdomänen beziehen sich auf die Gesamtheit der Informationen, die eine ausreichende Leistung in der Arbeitsstelle ermöglichen (etwa mathematische Kenntnisse für einen Betriebswirt).

Quelle: OECD (2020^[18]), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/91973c69-en> auf der Grundlage der OECD-Datenbank *Skills for Jobs*.

Künftig wird Arbeitskräftemangel mit einiger Wahrscheinlichkeit besonders in solchen Berufsbereichen auftreten, die ein hohes Maß an IKT-Kompetenz erfordern, daneben auch im Gesundheitswesen, im Handwerk und bei Tätigkeiten im Zusammenhang mit Mechatronik und Automatisierungstechnik (BMAS, 2021^[41]; Kirchherr et al., 2018^[37]; Leifels, 2020^[42]). Einer Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) zufolge waren im Oktober 2021 insgesamt 276 900 unbesetzte Stellen im MINT-Funktionsbereich gemeldet, was einem Anstieg von 155 % im Vergleich zum Oktober 2020 entspricht, jedoch auch höher liegt als die Vergleichswerte vor Beginn der Pandemie (Oktober 2019: 263 000). Dies betrifft in erster Linie qualifizierte MINT-Arbeitskräfte (130 100) sowie MINT-Expertentätigkeiten (103 500). Die größte Lücke tat sich im Bereich Energie und Elektronik auf (81 300), während im IT-Bereich 46 400 Stellen nicht besetzt werden konnten (Anger, Kohlisch und Plünnecke, 2021^[43]). Ein weiterer Bericht ermittelte 96 000 offene Stellen für IT-Fachleute im Jahr 2021 (eine Steigerung von 12 % gegenüber dem Vorjahr), wobei zwei Drittel der Unternehmen Engpässe meldeten (Bitkom, 2022^[44]).

Eine ökonometrische Analyse von Daten lässt erkennen, dass sich der Fachkräftemangel negativ auf die Innovationstätigkeit von Unternehmen auswirkt (Horbach und Rammer, 2019^[45]). Unternehmen, denen im Jahr 2017 Fachkräfte fehlten (d. h. offene Stellen gar nicht, nur verzögert oder nicht mit den gewünschten Qualifikationen besetzen konnten), wiesen eine um 11,5 % höhere Wahrscheinlichkeit auf, bereits begonnene Innovationstätigkeiten wieder abzubrechen oder ganz einzustellen (bei Berücksichtigung der Endogenität von Fachkräftemangel und Innovationstätigkeit).

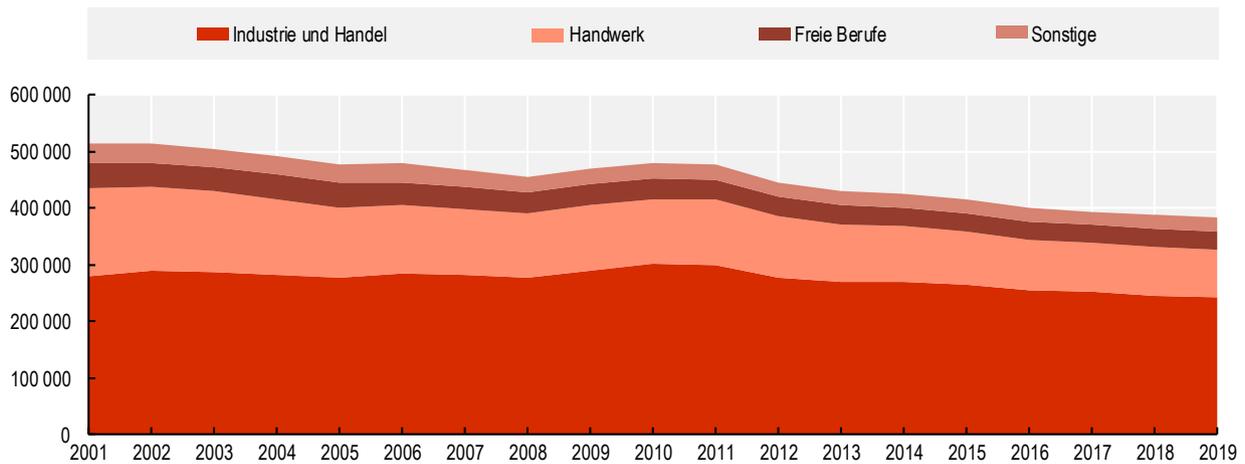
6.4.4. Fortbildung, Berufsbildung und Ausbau von Qualifikationen

Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten in Deutschland sind vorhanden, werden jedoch uneinheitlich genutzt und sind nicht auf die weitreichende Neuqualifizierung zugeschnitten, die angesichts der zukünftigen Transformationen erforderlich ist. Daten der Adult Education Survey (AES, Erhebung zum Weiterbildungsverhalten in Deutschland) von 2018 ließen erkennen, dass 54 % der Erwachsenen (im Alter von 18 bis 64 Jahren) in Deutschland an Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen; dieses Niveau ist etwas höher als der EU-Durchschnitt innerhalb der OECD-Länder (OECD, 2021^[39]). Allerdings weisen gering qualifizierte Erwachsene, Geringverdiener und Mitarbeitende von KMU besonders geringe Beteiligungsquoten auf (OECD, 2021^[46]).

Die meisten Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen sind tendenziell eher kurz und zielen nicht darauf ab, die Fertigkeiten und Fachkompetenzen von Arbeitskräften grundlegend zu transformieren, was aber u. U. erforderlich ist, sofern bestehende Arbeitsplätze verdrängt und nicht ersetzt werden. Schließlich ist auch die Governance des deutschen Fort- und Weiterbildungssystems in den Bundesländern stark fragmentiert, was einen koordinierten nationalen Ansatz zur Anhebung des Qualifikationsniveaus beziehungsweise zur Neuqualifizierung der von der ökologischen und der digitalen Transformation betroffenen Arbeitskräfte erschweren dürfte. Zudem entstehen hierdurch zusätzliche Herausforderungen für die Zulassung (OECD, 2021^[46]).

Die wachsende Zahl junger Menschen, die in einer alternden Gesellschaft einen akademischen Abschluss anstreben, deutet zusammen mit der insgesamt sinkenden Zahl junger Menschen darauf hin, dass die Anzahl der Absolvent*innen nicht-tertiärer Bildungsgänge abnehmen wird. Dies ist bei dem wichtigsten Ausbildungsprogramm in Deutschland, dem dualen System der Berufsausbildung (Abbildung 6.8), klar der Fall, da die Gesamtzahl der bestandenen Abschlussprüfungen von 451 000 im Jahr 2011 auf 359 000 im Jahr 2019 gesunken ist. Der Rückgang war besonders stark in den Bereichen Handwerk, Industrie und Handel und weniger ausgeprägt im Bereich der spezialisierten Dienstleistungen (freie Berufe), im öffentlichen Dienstleistungsangebot, in der Landwirtschaft und bei den häuslichen Dienstleistungen.

Abbildung 6.8. Anzahl der bestandenen Abschlussprüfungen für Berufsausbildungsverhältnisse in Deutschland, 2001–2019, nach fachlichem Schwerpunkt

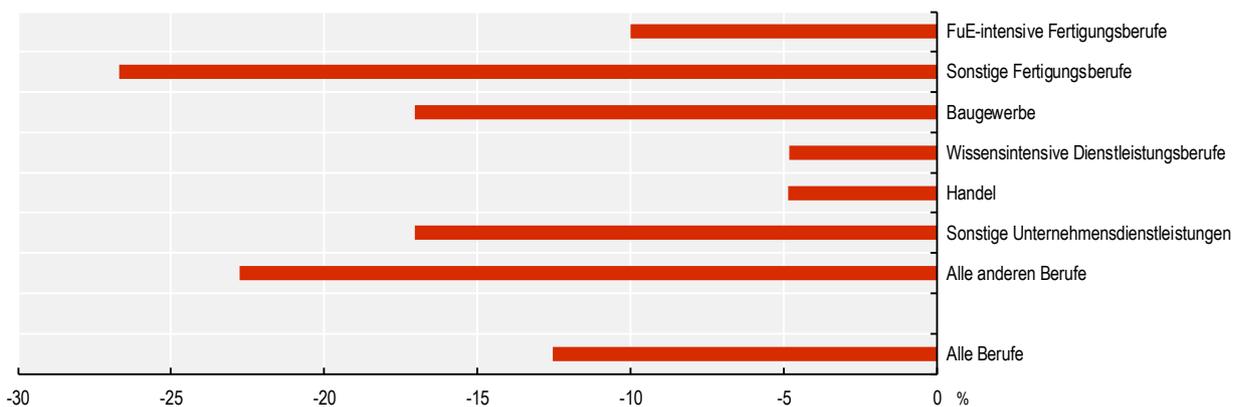


Quelle: OECD-Berechnungen auf Basis von Daten aus Destatis (o. J.^[47]).

Ein genauerer Blick auf die beruflichen Tätigkeiten und die entsprechenden Wirtschaftssektoren ergibt einen eher moderaten Rückgang bei den bestandenen Prüfungen für die Kategorien der wissensintensiven Dienstleistungen (d. h. IKT, Finanz- und Versicherungsgewerbe sowie wissenschaftliche, technische und spezialisierte Dienstleistungen) und der sonstigen Unternehmensdienstleistungen (beispielsweise Transport und Lagerung sowie Gebäudemanagement) im Zeitraum von 2012–2019¹ (Abbildung 6.9). Die Anzahl der bestandenen Prüfungen ging bei den Tätigkeiten mit Bezug zu forschungs- und entwicklungsintensiver Fertigung um 10 %, in anderen Fertigungsberufen aber wesentlich stärker (27 %) zurück.

Im Kontext der sozioökonomischen Effekte der digitalen und ökologischen Transformation ist es unabdingbar, dass die erwachsene Bevölkerung auch in späteren Lebensjahren an Programmen zur Anhebung des Qualifikationsniveaus und zur Neuqualifizierung teilnimmt, um die langfristige Verdrängung am Arbeitsmarkt zu begrenzen sowie Herausforderungen im Bereich der Teilhabe anzugehen. Dies ist in Deutschland besonders wichtig: Einer Studie der OECD aus dem Jahr 2018 zufolge sind rd. 18 % der Arbeitsplätze von einem hohen Automationsrisiko betroffen, während weitere 36 % der Arbeitsplätze von Verdrängung bedroht sind (Nedelkoska und Quintini, 2018^[48]).

Abbildung 6.9. Änderungen in der Anzahl bestandener Abschlussprüfungen (Berufsausbildung) in Deutschland, 2012–2019, nach einschlägigen Wirtschaftssektoren



Quelle: OECD-Berechnungen auf Basis von Daten aus Destatis (o. J.^[47]).

6.4.5. Zuwanderung von Fachkräften

Deutschland muss mehr dafür tun, Arbeitskräfte aus dem Ausland mit besonders stark nachgefragten Qualifikationsprofilen anzuwerben. Den *OECD Indicators of Talent Attractiveness* aus dem Jahr 2019 zufolge belegt Deutschland in der OECD hinter der Schweiz und Norwegen den dritten Rang unter den für internationale Studierende attraktivsten Ländern, noch vor Finnland und den Vereinigten Staaten. (Chaloff et al., 2019^[49]). Die Ausgabe von Visa zu Studienzwecken, die es den Studierenden ermöglichen, während des laufenden Studiums zu arbeiten, hat sich neben den geringen Studiengebühren als Vorteil für internationale Studierende erwiesen. Was die Attraktivität für ausländische Unternehmer*innen anbelangt, schnitt Deutschland zudem mit einem sechsten Rang vergleichsweise gut ab, die Attraktivität des Landes für Nachwuchsfachkräfte ist im OECD-Vergleich aber eher durchschnittlich.

Für Unternehmen – insbesondere kleinere Unternehmen – mit akutem Fachkräftemangel ist die Anstellung zugewanderter Fachkräfte nach wie vor eine eher ungewöhnliche Option. In einer Erhebung aus dem Jahr 2021 unter 7 500 Unternehmen mit mehr als zehn Mitarbeitenden gaben lediglich 16 % an, qualifiziertes Personal aus dem Ausland zu rekrutieren, um dem Fachkräftemangel zu begegnen. Häufiger optierten Unternehmen für das Angebot beruflicher Bildungsmaßnahmen für neue Mitarbeitende (47 %), eine bessere Vereinbarkeit von Familie und Berufsleben (41 %), Weiterbildungsangebote für das Stammpersonal (39 %), die regelmäßige Anhebung von Löhnen und Gehältern (26 %) sowie das Angebot von Gesundheitsmanagement am Arbeitsplatz (17 %). Die 501 befragten Firmen, die sich trotz des von ihnen berichteten Fachkräftemangels gegen die Rekrutierung von ausländischen Fachkräften entschieden hatten, nannten Sprachbarrieren (45 %) und Unsicherheiten im Hinblick auf im Ausland erworbene Qualifikationen (45 %) – insbesondere bei Nicht-EU-Arbeitskräften – als Hauptgründe ihrer Entscheidung. Zugleich verwiesen Unternehmen, die tatsächlich ausländische Fachkräfte rekrutiert hatten, ebenfalls auf Sprachbarrieren (39 %) und ausländische Qualifikationen (28 %) als Haupthindernisse (Mayer, 2021^[50]).

Angesichts der alternden Bevölkerung in Deutschland und ihrer Konsequenzen für das zukünftige Qualifikationsangebot richtet die Bundesregierung ihr Augenmerk verstärkt auf das Thema der Zuwanderung von Fachkräften. Zu den Faktoren, die den Erfolg in diesem Bereich hemmen, zählen fehlende formelle Anerkennungsverfahren für ausländische Qualifikationen und das Problem der Überqualifizierung: Nur 40 % der im Ausland geborenen und ausgebildeten Akademiker arbeiten in einer hochqualifizierten Beschäftigung, im Vergleich zu 77 % der deutschen Akademiker (OECD, 2020^[51]). Das im Jahr 2020 in Kraft getretene Fachkräfteeinwanderungsgesetz soll den Verwaltungsaufwand reduzieren und durch erhöhte und zentral gebündelte Verwaltungskapazitäten sowie durch vereinfachte Anforderungen für die Anerkennung von Qualifikationen im IKT-Sektor (wo der Fachkräftemangel besonders schwer wiegt) zu einer verstärkten Zuwanderung beitragen (BMW, 2020^[52]). Der Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung sieht weitere Maßnahmen in diesem Bereich vor, u. a. durch Einführung eines Punktesystems, bei dem Antragsteller*innen, die vor der Zuwanderung noch keinen Arbeitsplatz gefunden haben, anhand (u. a.) ihrer Ausbildung und Sprachkenntnisse eingestuft werden (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, 2021^[53]; Bayat, 2021^[54]). Dabei orientiert man sich am kanadischen Einwanderungssystem, das ebenfalls eine Punktebewertung vorsieht und für viele deutsche Entscheidungsträger seit Langem einen Vorbildcharakter hat (OECD, 2020^[51]).

Literaturverzeichnis

- Anger, C., E. Kohlisch und A. Plünnecke (2021), *MINT-Herbstreport 2021: Mehr Frauen für MINT gewinnen – Herausforderungen von Dekarbonisierung, Digitalisierung und Demografie meistern*, Gutachten für BDA, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, Institut der Deutschen Wirtschaft, Köln, https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/MINT-Herbstreport_2021.pdf. [43]
- Attrey, A., M. Leshner und C. Lomax (2020), „The role of sandboxes in promoting flexibility and innovation in the digital age“, *OECD Going Digital Toolkit Policy Note*, No. 2, OECD, Paris, <https://goingdigital.oecd.org/toolkitnotes/the-role-of-sandboxes-in-promoting-flexibility-and-innovation-in-the-digital-age.pdf>. [1]
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (Hrsg.) (2020), *Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*, wbv Media, Bielefeld, <http://dx.doi.org/10.3278/6001820gw>. [30]
- Bayat, M. (2021), „Germany: Neuer Koalitionsvertrag zeigt neue Ansätze zur Migration und Integration“, *EWSI Integration News*, 13. Dezember, https://ec.europa.eu/migrant-integration/news/germany-neuer-koalitionsvertrag-zeigt-neue-ansaeetze-zur-migration-und-integration_de (Abruf: 27. April 2022). [54]
- Bitkom (2022), „IT-Fachkräftelücke wird größer: 96.000 offene Jobs“, *Presseinformation*, Bitkom e.V., Berlin, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/IT-Fachkraefteluecke-wird-groesser>. [44]
- Bitkom (2021), „Datenschutz setzt Unternehmen unter Dauerdruck“, *Presseinformation*, Bitkom e.V., Berlin, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Datenschutz-setzt-Unternehmen-unter-Dauerdruck>. [16]
- BMAS (2021), „Fachkräftemonitoring: Arbeitsmarktdynamik in den nächsten fünf bis zwanzig Jahren“, 25. November, BMAS, Berlin, <https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Fachkraeftesicherung-und-Integration/Fachkraeftemonitoring/fachkraeftemonitoring.html> (Abruf: 1. März 2022). [41]
- BMWi (2021), „Transferinitiative: Ergebnisse der Online-Befragung zum Wissens- und Technologietransfer in Deutschland“, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/U/umfrage-transferinitiative.pdf>. [6]
- BMWi (2020), *Möglichkeiten der Fachkräfteeinwanderung – Was Arbeitgeber wissen müssen*, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ausbildung-und-Beruf/moeglichkeiten-der-fachkraefteeinwanderung.pdf>. [52]
- BNetzA (2021), „Bundesnetzagentur veröffentlicht Netzabdeckung mit 5G“, *Pressemitteilung*, 9. Dezember, Bundesnetzagentur, Bonn, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/20211209_5G_Monitoring.html. [22]
- Bundesagentur für Arbeit (2020), „Fachkräfteengpassanalyse“, Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Footer/Top-Produkte/Fachkraefteengpassanalyse-Nav.htm> (Abruf: 1. März 2022). [40]

- Casalini, F., J. López-González und T. Nemoto (2021), „Mapping Commonalities in Regulatory Approaches to Cross-Border Data Transfers“, *OECD Trade Policy Papers*, No. 248, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/ca9f974e-en>. [15]
- Chaloff, J. et al. (2019), „How do OECD countries compare in their attractiveness for talented migrants?“, *Migration Policy Debates*, No. 19, OECD, Paris, und Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, <https://www.oecd.org/els/mig/migration-policy-debates-19.pdf>. [49]
- Destatis (o. J.), „Bestandene Prüfungen nach Prüfungsgruppen im Zeitvergleich“, Tabellen, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/_inhalt.html#234578. [32]
- Destatis (o. J.), „Bevölkerung nach Bildungsabschluss in Deutschland“, Tabelle, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsstand/Tabellen/bildungsabschluss.html>. [35]
- Destatis (o. J.), „Bildung, Forschung und Kultur: Berufliche Bildung“, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Berufliche-Bildung/_inhalt.html#. [47]
- Europäische Kommission (2020), *Weißbuch zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen*, COM(2020) 65 final/2, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0065R\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0065R(01)). [10]
- Guellec, D. und C. Paunov (2018), „Innovation policies in the digital age“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 59, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/eadd1094-en>. [14]
- Hamon, R., H. Junklewitz und M. Sanchez (2020), *Robustness and Explainability of Artificial Intelligence: From technical to policy solutions*, JRC Technical Report, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2760/57493>. [9]
- Horbach, J. und C. Rammer (2019), „Circular economy innovations, growth and employment at the firm level: Empirical evidence from Germany“, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 24/3, S. 615–625, <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12977>. [45]
- IDC (2020), „Industrial IoT in Deutschland 2021: Aktuelle Technologien und Trends für innovative IoT-Projekte im industriellen Sektor“, IDC Executive Brief, IDC, Frankfurt, https://www.digital-chiefs.de/wp-content/uploads/2020/12/IDC_IIoT_2021_ExecutiveBrief_Axians_Actemium_WEB.pdf. [23]
- Kirchherr, J. et al. (2018), „Future Skills: Welche Kompetenzen in Deutschland fehlen“, *Future Skills Diskussionspapier*, No. 1/4, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Essen, <https://www.future-skills.net/analysen/future-skills-welche-kompetenzen-in-deutschland-fehlen>. [37]
- Larrue, P. (2020), „The design and implementation of mission-orientated innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 100, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/3f6c76a4-en>. [3]

- Leifels, D. (2020), „Mangel an Digitalkompetenzen bremst Digitalisierung des Mittelstands – Ausweg Weiterbildung?“, *Fokus Volkswirtschaft*, No. 277, KfW Research, Frankfurt, <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2020/Fokus-Nr.-277-Februar-2020-Digitalkompetenzen.pdf>. [42]
- Martin, N. et al. (2019), „How Data Protection Regulation Affects Startup Innovation“, *Information Systems Frontiers*, Vol. 21/6, S. 1307–1324, <http://dx.doi.org/10.1007/s10796-019-09974-2>. [17]
- Mayer, M. (2021), „Fachkräfteengpässe und Zuwanderung aus Unternehmenssicht in Deutschland 2021: Stärkerer Anstieg als im Vorjahr angenommen“, Policy Brief Migration, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, <http://dx.doi.org/10.11586/2021080>. [50]
- MIG (o. J.), „Breitbandatlas“, MIG, Naumburg, <https://netzda-mig.de/breitbandatlas>. [21]
- Muehlemann, S. und H. Pfeifer (2016), „The Structure of Hiring Costs in Germany: Evidence from Firm-Level Data“, *Industrial Relations*, Vol. 55/2, S. 193–218, <http://dx.doi.org/10.1111/irel.12139>. [26]
- Nedelkoska, L. und G. Quintini (2018), „Automation, skills use and training“, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 202, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>. [48]
- NKR (2019), *Weniger Bürokratie, bessere Gesetze – Praxis mitdenken, Ergebnisse spürbar machen, Fortschritte einfordern*, Jahresbericht, Nationaler Normenkontrollrat, Berlin, <https://www.normenkontrollrat.bund.de/resource/blob/72494/1680506/031c2177c968abf4b7e12dff189d219c/2019-10-22-nkr-jahresbericht-2019-des-nationalen-normenkontrollrates-data.pdf>. [8]
- OECD (2021), *Bildung auf einen Blick 2021: OECD Indikatoren*, wbv Media, Bielefeld, <http://dx.doi.org/10.3278/6001821ow>. [31]
- OECD (2021), *Continuing Education and Training in Germany, Getting Skills Right*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1f552468-en>. [39]
- OECD (2021), „Germany: Overview of the education system (EAG 2021)“, *Education GPS*, OECD, Paris, <https://gpseducation.oecd.org/CountryProfile?primaryCountry=DEU&treshold=10&topic=EO>. [33]
- OECD (2021), *Government at a Glance 2021*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1c258f55-en>. [7]
- OECD (2021), *OECD Economic Outlook, Volume 2021 Issue 1*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/edfbca02-en>. [19]
- OECD (2021), „OECD Employment Outlook 2021: Navigating the COVID-19 Crisis and Recovery – How does Germany Compare?“, OECD, Paris, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1099_1099165-kb7nrhl2tp&title=OECD-Employment-Outlook-2021-Germany-EN&_ga=2.102523332.434781268.1633333162-847026251.1625757914. [28]
- OECD (2021), „OECD Skills Outlook 2021 – Country Profile: Deutschland“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/germany/Skills-Outlook-Germany-DE.pdf>. [46]
- OECD (2021), *Recommendation of the Council on Enhancing Access to and Sharing of Data*, OECD, Paris, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0463>. [12]

- OECD (2020), „How attractive is Germany for foreign professionals?“, *Migration Policy Debates*, No. 23, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/migration/mig/migration-policy-debates-23.pdf>. [51]
- OECD (2020), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>. [18]
- OECD (2019), „Bildung auf einen Blick 2019: OECD-Indikatoren – Ländernotiz Deutschland“, OECD, Paris, https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/EAG2019_CN_DEU_GER.pdf. [29]
- OECD (2019), „Germany“, in *OECD Indicators of Employment Protection: Detailed Information on Employment Protection by Country (OECD EPL Database, update 2019)*, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/els/emp/Germany.pdf>. [25]
- OECD (2019), *Skills Matter: Additional Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1f029d8f-en>. [34]
- OECD (2015), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en>. [13]
- OECD (o. J.), „Broadband portal“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm>. [20]
- OECD (o. J.), „Economy-wide regulation“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00593-en> (Abruf: 10. August 2022). [5]
- OECD (o. J.), „Strictness of employment protection – individual and collective dismissals (regular contracts)“, Datensatz, OECD, Paris, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EPL_OV (Abruf: 1. März 2022). [24]
- OECD/KDI (2021), *Case Studies on the Regulatory Challenges Raised by Innovation and the Regulatory Responses*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/8fa190b5-en>. [2]
- Paunov, C., S. Planes-Satorra und T. Moriguchi (2017), „What role for social sciences in innovation?: Re-assessing how scientific disciplines contribute to different industries“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 45, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/8a306011-en>. [38]
- 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>. [53]
- Trnka, D. und Y. Thuerer (2019), „One-In, X-Out: Regulatory offsetting in selected OECD countries“, *OECD Regulatory Policy Working Papers*, No. 11, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/67d71764-en>. [4]
- Wahlster, W. und C. Winterhalter (Hrsg.) (2020), *Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz*, DIN, Berlin, und DKE, Frankfurt a. M., <https://www.din.de/resource/blob/772438/6b5ac6680543eff9fe372603514be3e6/normungsroadmap-ki-data.pdf>. [11]
- Weltbank (2018), „Hiring and firing practices, 1-7 (best)“, Index, Weltbankgruppe, Washington, D.C., <https://tcdata360.worldbank.org/indicators/inn.hire.fire> (Abruf: 1. März 2022). [27]

ZEW (2018), *Innovationen in der Deutschen Wirtschaft*, ZEW, Mannheim,
https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/18/mip_2018.pdf?v=1554116508.

[36]

Anmerkungen

¹ Der Zeitraum wurde vor dem Hintergrund einer Unterbrechung der Serie zwischen 2011 und 2012 ausgewählt, die durch eine Änderung des Klassifizierungssystems der Ausbildungsberufe verursacht wurde.

7 Die Finanzierung von Innovation in Deutschland

Deutschland verfügt über ein gut funktionierendes Bankensystem, das innovativen Unternehmen, darunter mittelständische Unternehmen sowie Start-ups, Finanzmittel zur Verfügung stellt. Auch bei der Bereitstellung von Mitteln für risikoreiche Innovationen wurden große Fortschritte erzielt. Allerdings sind die finanziellen Ressourcen für die Skalierung dieser Innovationen, die für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit entscheidend sein können, geringer als die auf dem US-amerikanischen Markt verfügbaren Mittel. Das vorliegende Kapitel enthält eine Empfehlung dazu, wie Deutschland die Innovationsinvestitionen erhöhen könnte, einschließlich in risikoreiche und bahnbrechende Innovationen, und bewertet die vorherrschenden Bedingungen, unter denen deutsche Unternehmen Zugang zu Finanzmitteln haben.

Einleitung

Den Anfang von Forschung, Entwicklung und Innovation (FE&I) bilden Investitionen, sei es in Sach-, Human- oder immaterielles Kapital. Die Art, wie Unternehmen ihre Investitionen finanzieren, und die Finanzierungsbedingungen sind daher entscheidende Innovationstreiber oder Innovationshemmnisse. Während überall auf der Welt ein großer Teil der Innovationsfinanzierung üblicherweise aus den unternehmenseigenen Ressourcen bestritten wird, kommt dem Zugang zu Finanzmitteln Dritter eine wichtige Rolle bei der Unterstützung weiterer Innovationstätigkeit zu. Dies ist insbesondere bei Sprunginnovationen der Fall, die Investitionen in sehr großem Umfang erfordern und zu denen viele Akteure in der Industrie folglich keinen Zugang hätten. Wie beim Regulierungsrahmen wirken sich Finanzierungsengpässe nicht auf alle Unternehmen in gleichem Maße aus. Mittelständische Unternehmen und Start-ups sind häufig schwierigeren Finanzierungsbedingungen ausgesetzt als größere, bereits etablierte Unternehmen. Will Deutschland sowohl bei der ökologischen und digitalen Transformation erfolgreich sein als auch seine weltweite Führungsrolle in der nächsten Technologiegeneration halten, wird eine bessere Verfügbarkeit von Risiko- und Wachstumskapital für hochinnovative Unternehmen unabdingbar sein.

Für Innovationszwecke sind unterschiedliche Finanzierungsquellen vorhanden, darunter privates Beteiligungskapital, Bankkredite, Wagniskapital und Aktienmärkte. Deutsche Unternehmen – einschließlich der mittelständischen Unternehmen – sind hauptsächlich auf Banken angewiesen, die seit jeher eine zuverlässige und effektive Finanzierungsquelle für Investitionen darstellen. Kapitalmärkte werden hier zu einem geringeren Grad genutzt als es in einigen anderen OECD-Ländern wie den Vereinigten Staaten der Fall ist. Allerdings sind die deutschen Banken, wie die in anderen OECD-Ländern auch, weniger gewillt, immaterielle Investitionen zu finanzieren, was auf Informationsasymmetrien zwischen Banken und Unternehmen oder Schwierigkeiten bei der Besicherung durch immaterielle Vermögenswerte zurückzuführen ist. Hierdurch wird die Fähigkeit der Unternehmen eingeschränkt, insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU), neue Technologien, darunter digitale Instrumente, im Rahmen ihrer Innovationsaktivitäten vollumfänglich zu nutzen (OECD, 2021^[1]).

Die Finanzierungsmöglichkeiten für bahnbrechende und risikoreiche Innovationen – die über Banken schwieriger zu erlangen sind – haben zugenommen. Jedoch konzentrieren sich die Investitionen auf die Frühphasen des Unternehmenswachstums, während für mittlere und spätere Wachstumsphasen erhebliche Finanzierungsdefizite bestehen. Im Ergebnis sind vielversprechende deutsche Innovations-träger mit einer inländischen Finanzierungslücke konfrontiert, die ihre Möglichkeiten zur Skalierung behindert. Die Fähigkeit mittelständischer Unternehmen und vielversprechender Start-ups, Sprunginnovationen hervorzubringen und zu skalieren, wie auch die Fähigkeit des deutschen Privatsektors, sich in Richtung wissensbasierter Tätigkeitsfelder zu entwickeln, hängen davon ab, ob diese Finanzierungsschwierigkeiten gelöst werden.

Das vorliegende Kapitel enthält eine Empfehlung dazu, wie die Bundesregierung die Finanzmärkte verbessern könnte, die für die Entstehung von Unternehmen mit großem innovativem Potenzial und deren Auf- und Ausbau erforderlich sind. Darauf folgt eine kurze Bewertung der aktuellen Bedingungen, unter denen Unternehmen Zugang zu Finanzmitteln erhalten, bevor das Kapitel mit einem Überblick über die in Deutschland vorhandenen Märkte für Wagniskapital schließt.

Empfehlung 6: Finanzmärkte fördern, die ein Aufskalieren von Sprunginnovationen fördern

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Obwohl Unternehmen in Deutschland im Allgemeinen guten Zugang zu Kapital haben, sind junge und kleine Unternehmen weiterhin Herausforderungen bei der Beschaffung von für die Skalierung notwendigem Kapital ausgesetzt. Dieser Umstand spiegelt zum Teil die verhältnismäßige Unterentwicklung der Wagnis- und Wachstumskapitalmärkte in Deutschland und der Europäischen Union als Ganzem wider.

E6.1 Die rechtlichen Rahmenbedingungen für Kapital sammelnde Einrichtungen in Deutschland prüfen und überarbeiten, um Investitionen in risikobehaftete Innovation zu fördern. Die Bundesregierung sollte in Erwägung ziehen, institutionelle Anleger zur Zuweisung eines bestimmten Prozentsatzes ihrer Mittel zu Wagniskapital oder außerbörslichem Beteiligungskapital für innovative Unternehmen zu verpflichten. Beispielsweise stellen deutsche Rentenfonds, Versicherungsunternehmen und staatliche Finanzierungseinrichtungen Risikokapital in sehr geringem Umfang zur Verfügung, obwohl sie zu den einzigen Quellen gehören, die Finanzmittel in dem Umfang bereitstellen könnten (einschließlich der Investitionen in privatwirtschaftliche Unternehmen durch Wagniskapitalfonds und von Investitionen in börsennotierte Unternehmen), die für die Skalierung der Innovationsträger mit dem größten Potenzial notwendig sind. Ein anderer Ansatz könnte in der Erleichterung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen bestehen. Generell sind die deutschen für Kapitalbeteiligungen und Leistungsprämien geltenden Steuerregelwerke im internationalen Vergleich weitestgehend unattraktiv.

E6.2 Steuerliche Anreize ausweiten, insbesondere jene, die es privaten Investoren ermöglichen, Kapitalverluste gegen sonstige Erträge aufzurechnen oder zukünftige Gewinne von der Steuer zu befreien, sofern diese der Anlagekategorie „Wagniskapital“ entstammen. Derartige Anreize sollten sowohl für das Wagniskapitalsegment (vorbörsliche Emissionen) als auch für über den Aktienmarkt vorgenommene Investitionen (Finanzmittel für die Gründungs- und Wachstumsphasen) gelten. Das Vereinigte Königreich und Frankreich beispielsweise verfügen jeweils über sechs unterschiedliche Steueranreizmodelle, um die Versorgung der Wagniskapitalmärkte mit privatem Kapital zu verbessern.

E6.3 Die Bundesregierung sollte die Entwicklung von Finanzinstrumenten auf EU-Ebene fördern, die zur Skalierung innovativer Unternehmen beitragen und deren Abwanderung verhindern. Das zur Skalierung von Unternehmen mit größtem Potenzial notwendige Finanzierungsvolumen steht häufig weder innerhalb Deutschlands noch innerhalb der Europäischen Union zur Verfügung, was zur Folge hat, dass diese nicht selten in Länder wie die Vereinigten Staaten oder das Vereinigte Königreich abwandern, wo Finanzmittel leichter zu beschaffen sind. Die deutsche Regierung sollte darauf hinwirken, auf EU-Ebene die Entwicklung von außerbörslichem Beteiligungskapital für Investitionen in noch nicht öffentlich verfügbare Technologien und digitale Innovationsträger zu etablieren. Die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) könnte eine stärkere Rolle bei der Entwicklung des inländischen Wagniskapitalmarkts für stärker risikobehaftete Investitionen einnehmen.

Maßgebliche globale Erfahrung

Viele Länder im OECD-Raum haben Maßnahmen ergriffen, um die Verfügbarkeit von Finanzmitteln für Innovationszwecke auszuweiten, einschließlich durch die Entwicklung von Wagniskapitalmärkten für innovative Start-ups mit hohem Potenzial und hohem Risiko.

Staatlich gefördertes Wagniskapital zur Risikominderung von Investitionen in Start-ups, die sich in der Frühphase befinden, aber potenziell einen hohen Wirkungsgrad entfalten können, hat sich in einer Vielzahl

von Ländern bewährt, etwa in Israel. Als dort im Jahr 1993 die Yozma-Initiative ins Leben gerufen wurde, stammten rd. 50 % des Wagniskapitals aus öffentlichen Mitteln; innerhalb von sieben Jahren sank der Anteil der öffentlichen Finanzmittel dann auf nahezu null. Während staatliches Wagniskapital Investitionen des Privatsektors verdrängen könnte, zeigt sich am Fall Israels, dass zielgerichtete Programme den entgegengesetzten Effekt haben können: Sie lassen den Wagniskapitalmarkt durch privates Beteiligungskapital rasant wachsen und bringen das nationale Start-up-Ökosystem voran. In der Yozma-Initiative stellte der Staat bis zu 40 % des notwendigen Kapitals bereit, wobei den privaten Investoren das Recht eingeräumt wurde, den staatlichen Anteil in den auf die Investition folgenden fünf Jahren zu einem im Voraus bestimmten Preis erwerben zu können (Apolitical, 2017^[2]; Yozma, o. J.^[3]). Das israelische Modell, eine staatlich gestützte Wagniskapitalinstitution zur Entwicklung privater Kapitalmärkte für Investitionen in Start-ups zu nutzen, könnte auf die SPRIND übertragen werden, damit sie eine größere Rolle bei der Entwicklung von deutschen Wagniskapitalmärkten und bei der internationalen Koordinierung zum Ausbau dieser Märkte auf EU-Ebene übernehmen kann.

Spätere Finanzierungsrunden mit Wagniskapital stellen für deutsche Unternehmen eine große Herausforderung dar, weil dabei die Finanzierungsvolumina üblicherweise viel größer sind als in den vorangegangenen Finanzierungsrunden. Grundsätzlich ist die Eigenkapitalfinanzierung ähnlichen Herausforderungen ausgesetzt, da die Finanzierungsumfänge ebenfalls groß sind. In den Vereinigten Staaten investieren institutionelle Anleger wie Pensionsfonds zunehmend in Private Equity, weil Investitionen dieser Art im Vergleich zu herkömmlichen Finanzierungsinstrumenten höhere Erträge erwirtschaften. 2021 erreichten beispielsweise die von US-amerikanischen staatlichen Pensionsfonds vorgenommenen Investitionen in privates Beteiligungskapital ein Volumen von 480 Mrd. USD (Gillers, 2022^[4]). Dieses beachtliche Volumen der dem US-amerikanischen Wagniskapitalmarkt zur Verfügung stehenden Mittel ermöglicht die hohe Zahl von in späten Phasen stattfindenden Finanzierungsrunden. Damit wird das Erfordernis größerer Investitionen durch institutionelle Anleger nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa deutlich, wenn es für die deutschen Start-ups möglich sein soll, sich die erforderlichen Finanzmittel für die Wachstumsphasen innerhalb der Europäischen Union zu sichern.

In Österreich verfolgt die Regierung beim Wagniskapital ebenfalls einen gemeinschaftlichen Ansatz. Im Mai 2019 kündigten die österreichische Regierung und das Austria Wirtschaftsservice (aws), die Förderbank des Bundes, ein neues Paket für Start-ups an, das mit einer ganzen Reihe von Maßnahmen Österreich attraktiver für Start-ups machen soll. Dieses Paket wird gleichzeitig ergänzt durch den von aws geführten aws Mittelstandsfonds, der Finanzmittel für die Wachstumsphasen mittlerer Unternehmen anbietet. An der Kombination der zwei Fonds zeigt sich die Fähigkeit der österreichischen Regierung, zusätzliche staatliche Finanzmittel für innovative Start-ups und KMU im Laufe von deren Entwicklung bereitzustellen. aws unterhält außerdem einen Gründerfonds für Investitionen während der Seed- und ersten Wachstumsphasen, der zusammen mit privaten Investoren langfristig und möglicherweise in mehr als einer Finanzierungsrunde in vielversprechende Unternehmen investiert. Der Fonds richtet sich an Unternehmen, die sich schwertun, Kapital auf den herkömmlichen Finanzierungswegen (etwa durch Bankkredite) einzubringen, und insbesondere an Unternehmen mit hohem Wachstumspotenzial (aws, o. J.^[5]).

Die Mobilisierung privater Finanzmittel für das von Start-ups benötigte Wagniskapital erfordert hinsichtlich der regulatorischen Vorgaben häufig einen gewissen Einfallsreichtum, um Chancen außerhalb des Banken- und Finanzsystems wahrzunehmen. Eine Möglichkeit, größere Investitionen in Start-ups zu stärken, besteht in der Ausweitung der dafür gewährten steuerlichen Vorteile. Im Vereinigten Königreich hat die Regierung eine Reihe von Steuervergünstigungen und Anreizprogrammen eingeführt, die Einzelpersonen zu Investitionen in Unternehmen ermutigen sollen. Das Wirtschaftsförderprogramm *Seed Enterprise Investment Scheme* (SEIS) beispielsweise bietet Investoren Steuervorteile dafür, dass diese im Vereinigten Königreich in kleine Unternehmen und solche, die sich in der Frühphase befinden, investieren (HM Revenue & Customs, o. J.^[6]). Im Gegenzug für seine Investition in ein von den Steuerbehörden im Voraus für das Programm qualifiziertes Unternehmen genießt der Investor folgende Vorteile: eine Gutschrift auf die Einkommenssteuer (bis zu 45 % der Erstinvestition auf den Steuerbescheid des laufenden und des vorangegangenen Jahres),

eine Befreiung von der Kapitalertragssteuer auf die an dem SEIS-qualifizierten Unternehmen gehaltenen Anteile für die auf die Investition folgenden drei Jahre, einen Verlustausgleich und Ermäßigungen bei der Erbschaftsteuer. Einem ähnlichen Modell folgt das Wirtschaftsförderprogramm *Enterprise Investment Scheme* für spätere Phasen der Start-ups. Beide Programme setzen Anreize für den Investor, während das Start-up durch Eigenkapitalbeteiligungen Zugang zu Wagniskapital erhält, dessen Finanzierung durch einen herkömmlichen Bankkredit u. U. nicht möglich gewesen wäre.

7.1. Innovationsfinanzierung durch Banken in Deutschland

Der Bankensektor in Deutschland ist eine bedeutende Finanzierungsquelle für die mittelständischen Unternehmen des Landes. Im Jahr 2020 entsprachen die dem Privatsektor durch die Banken zur Verfügung gestellten Inlandskredite 85,2 % des deutschen Bruttoinlandsprodukts (BIP) (Weltbank, o. J.^[7]). Liegt die Höhe der Bankkredite geringfügig über dem OECD-Durchschnitt (84,7 %), so ist der Gesamtanteil der dem deutschen Privatsektor bereitgestellten Inlandskredite (85,7 % des BIP) erheblich unter dem OECD-Durchschnitt (161,9 %) anzusiedeln. Deutlich höher ist der Anteil insbesondere in den Vereinigten Staaten (216,3 %), Japan (194,6 %) und Korea (165,5 %). Obwohl das deutsche Bankensystem nach absoluten Zahlen das größte in der Europäischen Union ist, weist es einen hohen Fragmentierungsgrad unter privaten, staatlichen und genossenschaftlichen Kreditinstituten auf (Hüfner, 2010^[8]). Dadurch kommt den Sparkassen, die eine wichtige Rolle für den deutschen Mittelstand spielen, eine bevorzugte Stellung zuteil, da das Kreditwesen auf vertrauensvollen Beziehungen mit diesen Einrichtungen beruht.

Wie aus mehreren Erhebungen hervorgeht, verfügen KMU in Deutschland grundsätzlich über einen guten Zugang zu Kapital: Die jüngste Erhebung (2020) unter 11 007 Unternehmen, darunter 1 337 deutsche, ergab, dass der Kapitalzugang in Deutschland eine sehr viel kleinere Hürde darstellt als in anderen europäischen Ländern (EZB, 2021^[9]). Die niedrigen Zinssätze, die den deutschen Bankensektor mehrere Jahre auszeichneten (seit 2016 betrug der Leitzins der Bundesbank 0 %), sorgen weiterhin für vorteilhafte Bedingungen für Bankkredite, die für deutsche KMU die wichtigste Quelle der privatwirtschaftlichen Finanzierung bleiben. Wie in anderen Ländern ist allerdings die Inanspruchnahme privater Finanzmittel für Forschung und Produktentwicklung verhältnismäßig gering: Sie liegt in Deutschland bei rd. 25 % und im EU-Durchschnitt bei 20 % (EZB, 2021^[9]). Bankkredite, die in Deutschland zu verhältnismäßig tragfähigen Bedingungen angeboten werden, stellen lediglich eine von mehreren Finanzierungsquellen dar, auf die im FE&I-Bereich tätige Unternehmen angewiesen sind.

Wie in anderen OECD-Ländern haben auch deutsche Unternehmen Schwierigkeiten, Zugang zu Bankkrediten für Investitionen in immaterielles Kapital zu erhalten. Immaterielle Vermögenswerte sind Vermögenswerte ohne physische Substanz. Sie können die wirtschaftliche Verwertung von Wissen ermöglichen und sind weithin anerkannt als die Quelle zukünftigen Wachstums, insbesondere da wissensbasierte Tätigkeiten zunehmend gegenüber traditionellen Tätigkeiten, wie der Fertigung, an Bedeutung gewinnen. Investitionen dieser Art können sich auf FuE, Patente, Software, Datenbanken, Führungsfähigkeiten und eine Reihe weiterer Vermögenswerte beziehen, die durch Merkmale wie unsichere Erträge, Nichtrivalität, umfangreiche Synergien und geringe Wiedereinsatzfähigkeit geprägt sind (OECD, 2021^[11]). Die sich daraus ergebenden Informationsasymmetrien (weil das Unternehmen oder der Innovationsträger über deutlich bessere Kenntnisse hinsichtlich des Werts der Investitionen verfügt als die Bank) erschweren die Nutzung dieser Vermögenswerte als Sicherheiten und reduzieren die Bereitschaft des Bankensektors, die notwendigen Finanzmittel bereitzustellen. Wie in anderen Bereichen des Kapitalzugangs sind die Auswirkungen über den Privatsektor hinweg ungleich verteilt: KMU und Start-ups sind stärker betroffen als größere Unternehmen. Entsprechend sind Unternehmen bei Investitionen in immaterielle Vermögenswerte zunehmend auf privates Beteiligungskapital und ihre eigenen Gewinnrücklagen angewiesen (Cecchetti und Schoenholtz, 2017^[10]).

Diese Finanzierungsprobleme bestehen zwar seit Langem, sie werden aber immer größer in einem Umfeld, in dem die Volkswirtschaften sich hin zu wissensbasierten Wachstumsmodellen entwickeln und ergänzende Investitionen in immaterielles Kapital zur vollumfänglichen Verwertung neuer (insbesondere digitaler) Technologien notwendig sind. In Deutschland reduzieren Finanzierungsengpässe bei Investitionen in immaterielles Kapital u. U. die Fähigkeit bestehender oder neuer Unternehmen, einen Innovationsbeitrag zu leisten, was folglich den Innovationsbeitrag des deutschen WTI-Systems beschränkt.

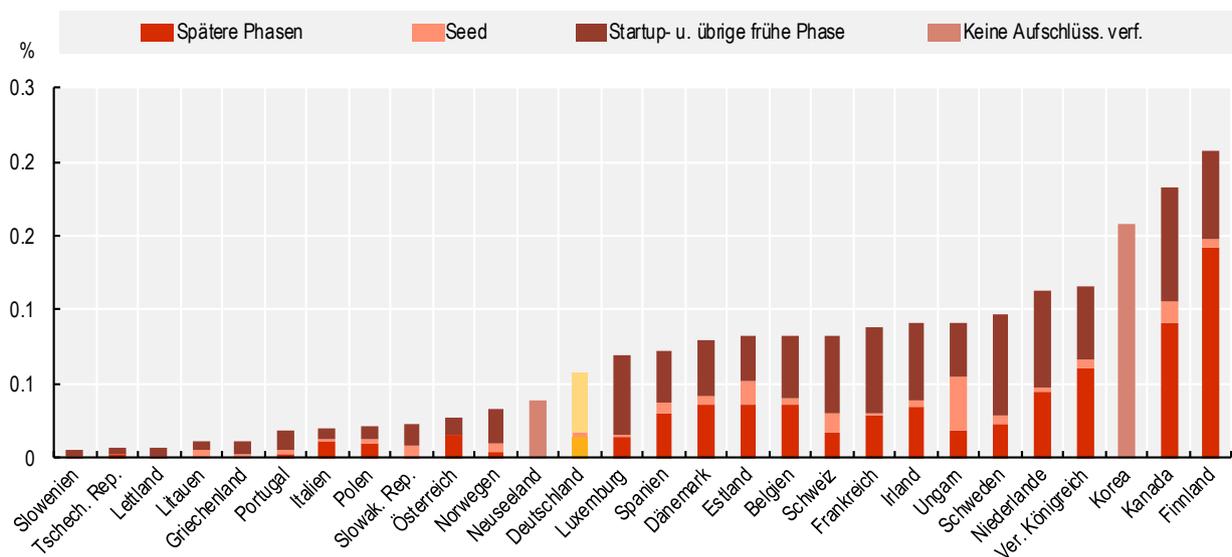
7.2. Finanzierung durch Wagniskapital und sonstige Finanzierungsmöglichkeiten für risikoreiche Innovationen

7.2.1. Finanzierung durch Wagniskapital

Wagniskapital¹ hat risikoreiche Innovationen in Ländern wie dem Vereinigten Königreich, den Vereinigten Staaten und Israel gestützt und ist eine wichtige Finanzierungsquelle für mit großem Risiko verbundene und potenziell bahnbrechende Innovationen in Deutschland. Herkömmliche Bankkredite, die häufig eine Besicherung durch Vermögenswerte erfordern – eine für junge Unternehmen wegen ihrer immateriellen und wissensbasierten Vermögenswerte nicht einfache erfüllende Bedingung –, sind weniger attraktiv als Wagniskapital, wenn es um Investitionen in risikoreichere Innovationen geht.

Abbildung 7.1. Die Wagniskapitalinvestitionen in der Seed-Phase und in den späteren Phasen sind in Deutschland unterentwickelt

Wagniskapital in Prozent des BIP, 2020



Anmerkung: Für Korea und Neuseeland stehen keine Aufschlüsselungen des Wagniskapitals nach Phasen zur Verfügung.

Quelle: OECD (o. J.^[11]), „Venture capital investments“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/60395228-en> (Abruf: 24. Mai 2022).

Wagniskapital wird in Deutschland immer beliebter, zwischen 2009 und 2019 wurde ein Zuwachs von 160 % verzeichnet. Das deutsche Wagniskapitalniveau liegt allerdings mit 2,4 Mrd. EUR im OECD-Raum nur auf dem sechsten Platz (Abbildung 7.1). Im Jahr 2019 belief sich das Wagniskapital in Deutschland auf 0,056 % des BIP, was erheblich weniger ist als in anderen Volkswirtschaften wie Korea und dem

Vereinigten Königreich, aber immer noch mehr als in Japan. Obwohl das Verhältnis von Wagniskapital zu BIP in den meisten OECD-Ländern niedrig ist, gibt es einige bemerkenswerte Ausnahmen. In Israel, das weithin als „Start-up-Nation“ bekannt ist und über eines der weltweit am besten entwickelten Netzwerke für Wagniskapitalmittel verfügt, betrug der Gesamtumfang von mittels Wagniskapitals finanzierten Investitionen im Jahr 2020 2,2 % des BIP (Abbildung 7.1).

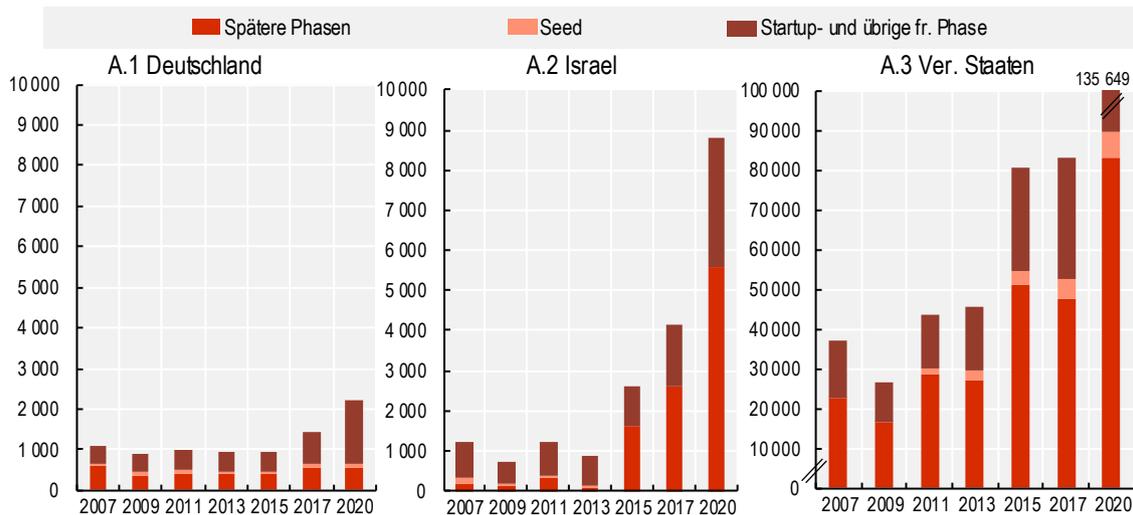
Obwohl der Wagniskapitalmarkt in Deutschland im Laufe der letzten zehn Jahre gewachsen ist, bleibt er in den zweiten und dritten Wachstumsphasen unterentwickelt: Das Finanzierungsvolumen für diese Phasen beträgt 50–150 Mio. EUR. Im Jahr 2021 zählte Deutschland mehr als 150 Wagniskapitalunternehmen, wobei 78 % des Kapitals in den ersten zwei Finanzierungsrunden „Seed“ und „Series A“ beschafft wurden, die sich an Start-ups in einer frühen Entwicklungsphase richten. Demgegenüber findet die Kapitalbeschaffung zu 83 % in späteren Phasen statt. Das bedeutet, dass trotz eines gut entwickelten Wagniskapitalmarkts für Start-ups in deren frühen Phasen – die zusätzlich zu Investitionen des Privatsektors (durch Programme wie EXIST und den in Kapitel 3 beschriebenen Zukunftsfonds) breit angelegte staatliche Unterstützung erhalten – bei den weiter fortgeschrittenen Unternehmen größerer Finanzierungsbedarf besteht. Wie von SPRIND angemerkt, gibt es in Deutschland nahezu keine für mittlere oder späte Phasen verfügbare Wagniskapitalfonds, die das notwendige Kapital für Börsengänge von mittelständischen Technologieunternehmen bereitstellen (also von Unternehmen mit Einnahmen zwischen 10 und 100 Mio. EUR und weniger als 1 Mrd. EUR Marktkapitalisierung) (SPRIND, 2022^[12]).

Die Trends in der Entwicklung der Wagniskapitalmärkte in Deutschland weisen mehrere Besonderheiten auf. Aus Abbildung 7.2 geht hervor, dass das absolute Wagniskapitalniveau über alle Phasen hinweg in Deutschland erheblich niedriger ist als in der weltweit führenden Volkswirtschaft (den Vereinigten Staaten), aber auch als in vielen kleineren Volkswirtschaften (beispielsweise Israel). Wie vorstehend angemerkt, erfolgt der Großteil der deutschen Wagniskapitalinvestitionen in den Seed- und frühen Investitionsphasen, während in den Vereinigten Staaten und Israel das Wagniskapital in den späteren Phasen investiert wird und häufig deutlich höhere Finanzierungsniveaus erreicht. Im Jahr 2019 zielten in Deutschland 40 % des Wagniskapitals auf Investitionsrunden in Spätphasen ab, verglichen mit 60 % in den Vereinigten Staaten und 70 % in Israel. Bemerkenswerterweise hat sich der Wagniskapitalmarkt Israels, einschließlich der Investitionen für spätere Phasen, erst in den letzten rund zehn Jahren richtig entwickelt: Im Jahr 2011 betrugen in Israel die Gesamtinvestitionen von Wagniskapital in späte Phasen 80 Mio. USD, verglichen mit 432 Mio. USD in Deutschland. Im Jahr 2019 sind die mittels Wagniskapitals finanzierten Investitionen in späte Phasen in Israel um 6 000 % (auf 4,9 Mrd. USD) gestiegen. Das Wachstum in Deutschland war zwar beachtlich, mit 127 % (981 Mio. USD) aber eher verhalten.

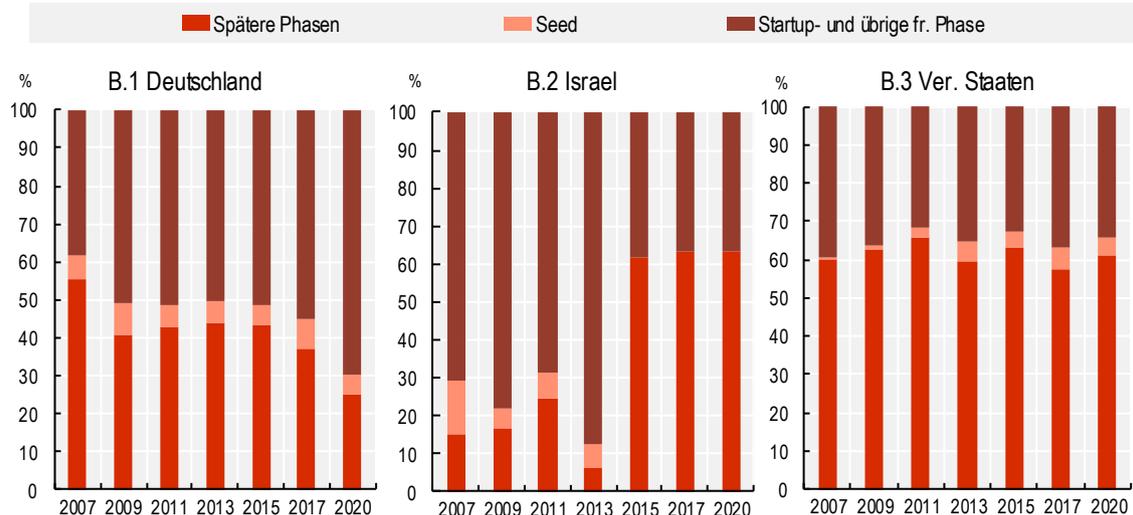
Wenn es keine gut entwickelten Wagniskapitalmärkte für Start-ups in den mittleren und späteren Phasen der Entwicklung gibt, sehen sich neue und innovative deutsche Unternehmen, wie etwa durch Ausgründungen aus der Wissenschaft entstandene, vor erheblichen Herausforderungen, was ihre Wachstumsaussichten betrifft. Allerdings macht es ein global strukturierter Finanzmarkt möglich, dass deutsche Unternehmen, die kein inländisches Wagniskapital beschaffen können, auf die am weitesten entwickelten Wagniskapitalmärkte Rekurs nehmen wie denen des Vereinigten Königreichs und der Vereinigten Staaten. Am Beispiel der künstlichen Intelligenz (KI), einer Technologie, die für Anwendungen wie das autonome Fahren und für pharmazeutische Forschung entscheidend ist, lässt sich dies gut beobachten. Im Jahr 2020 erhielten im Bereich der KI tätige deutsche Start-ups 1,5 Mrd. USD an Wagniskapital, darunter 331 Mio. USD von deutschen Investoren und 1,2 Mrd. USD von internationalen Investoren, von denen die meisten aus dem Vereinigten Königreich und den Vereinigten Staaten stammten. Zum Vergleich: Im selben Jahr sicherten sich im Bereich der KI tätige Start-ups in den Vereinigten Staaten 45,2 Mrd. USD an Wagniskapital, wovon 26,5 Mrd. USD aus dem inländischen Wagniskapitalmarkt kamen – nahezu 8 Mrd. USD mehr als aus ausländischen Quellen beschafft wurden (Dealroom.co, 2020^[13]).

Abbildung 7.2. Wagniskapital in verschiedenen Investitionsphasen: Deutschland, Vereinigte Staaten, Israel

A. Wagniskapitalinvestitionen, Mio. US-Dollar



B. Wagniskapitalinvestitionen nach Phasen, in Prozent der gesamten Wagniskapitalinvestitionen



Quelle: OECD (o. J.^[11]), „Venture capital investments“, Datensatz, OECD, Paris, <https://doi.org/10.1787/60395228-en> (Abruf: 24. Mai 2022).

Die gute Verfassung der inländischen Wagniskapitalmärkte ist daher für die Innovationstätigkeit in Deutschland sowohl im wirtschaftlichen als auch im strategischen Sinne von großer Bedeutung. Auf der einen Seite kann das zweifellos in geringerem Umfang verfügbare inländische Wagniskapital es vielversprechenden deutschen Unternehmen erschweren, die für ihr Wachstum benötigte Finanzierung zu erhalten. Auf der anderen Seite hat dies, auch wenn Finanzmittel außerhalb der deutschen Wirtschaft zur Verfügung stehen, Auswirkungen auf die Lokalisierung des geistigen Eigentums dieser Unternehmen. Dies stellt möglicherweise weniger ein Problem für das Start-up selbst dar, sondern ist eher eine größere Sorge für diejenigen Staaten, die sich die Wahrung entscheidender Kenntnisse und technologischer Kompetenzen für die Schlüsselindustrien in ihrem Land als strategisches nationales Interesse auf die Fahne geschrieben haben. Dies gilt umso mehr im Kontext einer stärker digitalisierten Weltwirtschaft, in der die Wertschöpfung durch entscheidende Exporte sich zunehmend in Richtung der besagten technologischen

Kompetenzen verlagern kann. Gegenwärtig ist die Finanzierung in späten Phasen zum größten Teil auf ausländische Investoren angewiesen (hauptsächlich die Vereinigten Staaten und Asien), wobei ausländische Investitionen doppelt so schnell wachsen wie inländische Investitionen (Dealroom.co, 2020_[13]).

Die Beschaffung von Finanzmitteln ist besonders schwierig für noch nicht einer wirtschaftlichen Verwertung zugeführte Projekte und Unternehmen, die an neuen Technologien in der frühen Entwicklungsphase arbeiten. Projekten dieser Art fehlen die notwendige Infrastruktur und ein Geschäftsmodell, womit sich das mit ihnen verbundene Risiko erhöht. Dies ist häufig bei sogenannten Spin-offs der Fall – also von in der Wissenschaft tätigen Forschenden gegründete Start-ups –, obwohl sie potenziell genau die Treiber radikaler Innovationen sind, die dringend zur Entwicklung neuer Technologien und Diffusion dieser unter größeren Unternehmen benötigt werden. Die im Rahmen des Förderprogramms EXIST des Bundes finanzierten Maßnahmen sind die bekanntesten staatlichen Instrumente zur Unterstützung dieses Unternehmertums unter Akademikern. Sie fördern jedes Jahr bis zu 240 Projekte durch monatliche Stipendien und Mentoring und übernehmen in den frühen Förderphasen bis zu 250 000 EUR an Personal- und Materialkosten. Eine zweite Politikinitiative, die sich schwerpunktmäßig auf vielversprechende, noch nicht zur Marktreife gelangte Projekte in der Pre-Seed-Phase konzentriert, ist die im Jahr 2019 von der Bundesregierung eingerichtete und mit einem Finanzvolumen von 1 Mrd. EUR ausgestattete Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND). Die Agentur mit Sitz in Leipzig fördert Projekte in der Vorvermarktungsphase, die durch regelmäßig stattfindende Innovationswettbewerbe ausgewählt werden. Bemerkenswerterweise beabsichtigt die neue Koalition, die Kontrollmechanismen aufzuweichen, um so der Agentur die Förderung vielversprechender und stark risikobehafteter Projekte zu ermöglichen, aus denen Sprunginnovationen und wirtschaftlich erfolgreiche Innovationen hervorgehen könnten. Kapitel 3 enthält weitere Informationen über Programme zur Förderung von risikoreichen und potenziell bahnbrechenden Innovationen durch Investitionen und Beschleunigungsmaßnahmen.

7.2.2. Finanzierung umweltfreundlicher Innovationen

Deutschland verfügt über ein breites Spektrum an staatlichen und privaten Initiativen, die zu Innovationen für die ökologische Transformation beitragen können. Viele dieser Initiativen stammen aus dem Industriesektor, was die Bedeutung von Innovationen zur Förderung einer nachhaltigen Industrie deutlich macht. Beispielsweise unterhalten BASF seit 2011 und Siemens seit 2016 Wagniskapitalfonds für umweltverträgliches unternehmerisches Handeln, während Volkswagen im Jahr 2021 die Einrichtung eines mit 300 Mio. EUR ausgestatteten Wagniskapitalfonds für Investitionen in Start-ups im Bereich Dekarbonisierung angekündigt hat (OECD, 2022_[14]). Die von der Politik und dem Privatsektor ausgehenden Impulse für umweltfreundliche Innovationen haben die Entwicklung eines dynamischen Ökosystems für grüne Start-ups gefördert: In Deutschland sind 276 grüne Technologie-Start-ups beheimatet, verglichen mit 180 im Vereinigten Königreich, 103 in Frankreich und 44 in Dänemark. Diese Start-ups spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Technologien, die die ökologische Transformation unterstützen können. Dabei gehören die im Bereich grüner Wasserstoff und Energiespeicherung tätigen Start-ups in Deutschland zu den wettbewerbsfähigsten der Welt.

Umweltfreundliche Innovationen sind ein Bereich, in dem die öffentliche Förderung eine zentrale Rolle einnimmt. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) beispielsweise unterstützt grüne Start-ups durch ihr zweckgewidmetes „Green Start-up-Programm“, welches ausgewählten Projekten bis zu 125 000 EUR als nicht rückzahlbaren Zuschuss gewährt. Im Jahr 2021 betrug die Förderrate des Programms 7 %, wobei 14 Start-ups für eine Finanzierung ausgewählt wurden. Im Rahmen der vom Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit koordinierten „Green Start-Up Investment Alliance“ werden Business Angels und andere Frühphaseninvestoren unterstützt, die sich an grünen Start-ups beteiligen.

Die Bundesregierung finanziert außerdem den Zukunftsfonds, einen großen durch KfW Capital verwalteten Kapitalbeteiligungsfonds, der in Wagniskapital für Zukunftstechnologien investiert. Obwohl der Fonds nicht ausdrücklich auf umweltfreundliche Technologien ausgerichtet ist, kann er dennoch eine erhebliche

Finanzierungsquelle für damit verbundene Projekte darstellen. Im Jahr 2021 sagte die Bundesregierung zusätzliche 10 Mrd. EUR für den Zukunftsfonds zu, in der Erwartung, dass der Fonds mehr als 50 Mrd. EUR an öffentlichem und privatem Wagniskapital für Start-ups bereitstellt. Der Fonds umfasst drei wichtige Bestandteile:

- **DeepTech Future Fonds (DTFF):** Gemeinsam mit privaten Anlegern investiert dieser neue Fonds in deutsche Hightechunternehmen während deren Phase rasanten Wachstums. Der DTFF verfügt in den kommenden zehn Jahren über ein Investitionsvolumen von 1 Mrd. EUR. Der Hightech-Gründerfonds übernimmt das Fondsmanagement und konzentriert sich auf Branchen in Verbindung mit grünem Unternehmertum, einschließlich Elektromobilität und Energie.
- **Europäischer Aufbauplan/Wachstumsfazilität des Zukunftsfonds:** Die EU hat der KfW Finanzmittel in Höhe von rd. 2,5 Mrd. EUR zur Verfügung gestellt, die in deutsche und europäische Wagniskapitalfonds investiert werden sollen, um so größere und regelmäßige Finanzierungsrunden für Start-ups zu ermöglichen.
- **Deutscher Zukunftsfonds/Wachstumsfazilität des Europäischen Investitionsfonds:** Mit Unterstützung des Europäischen Investitionsfonds verfügt diese Fazilität über ein Budget von 3,5 Mrd. EUR, das in den kommenden zehn Jahren in Wachstumsfonds und Finanzierungsrunden für die Wachstumsphasen von Start-ups investiert werden soll.

7.2.3. Erhöhung des Beitrags institutioneller Anleger zur Risikofinanzierung

Die Bereitstellung der notwendigen Finanzmittel für vielversprechende deutsche Innovationsträger setzt zwangsläufig voraus, dass institutionelle Anleger über Wagniskapital und Private Equity mehr in Start-ups und innovative Unternehmen investieren. In diesem Zusammenhang spielen Pensionsfonds eine besondere Rolle, da sie oft die einzigen Institutionen außerhalb des Bankensektors sind, die über das notwendige Kapital verfügen, um in schnell wachsende oder bereits etablierte innovative Unternehmen zu investieren. Dort sind die Finanzierungsvolumina im Allgemeinen größer als bei Frühphasen-Wagniskapital. Diese Fonds scheuen jedoch häufig das Risiko und bevorzugen Investitionen wie Staatsanleihen, deren geringere Erträge durch das geringere Risiko aufgewogen werden. Dies hat zur Folge, dass ein riesiger Kapitalvorrat sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene für Innovationsinvestitionen ungenutzt bleibt.

Die Erfahrungen der skandinavischen Pensionsfonds, die seit dem Jahr 2013 16 % des gesamten investierten Wagniskapitals in der Region beigesteuert haben, zeugen von der wichtigen Rolle, die institutionelle Anleger auf dem Wagniskapitalmarkt spielen können (Atomico, 2018_[15]). In den Vereinigten Staaten befinden sich Pensionsfonds unter den größten inländischen Investoren von Wagniskapital: Sie machen zwei Drittel sämtlicher Finanzmittel des Wagniskapitals aus. Im Gegensatz dazu steuerten Pensionsfonds in Deutschland, der Schweiz und Österreich lediglich 2 % des gesamten seit 2013 investierten Wagniskapitals bei (Atomico, 2018_[15]). Die skandinavischen Länder haben Anreize gesetzt, damit Pensionsfonds in Wagniskapital investieren. Im Jahr 2018 erließ die schwedische Regierung eine Richtlinie, die es privaten Rentenversicherungen gestattet, ihren Anteil an alternativen Investitionen von 5 % auf 40 % anzuheben. Auch das dänische Dachfonds-Modell zeigt, wie Versicherungsunternehmen erhebliche Investitionen in Wagniskapital tätigen können. So hat das skandinavische System, in dem den in Wagniskapital investierenden Pensionsfonds der Ausgleich etwaiger Verluste garantiert wird, zur Schaffung eines dynamischen Finanzierungsökosystems beigetragen, für das dem Staat nur sehr geringe Kosten entstanden sind. Auch dem französischen Staat ist es gelungen, institutionelle Anleger zu überzeugen, Hightech-Start-ups Finanzmittel für die Wachstumsphase bereitzustellen.

7.2.4. Regulatorische und steuerliche Erwägungen für die Finanzierung innovativer Start-ups

Obwohl es sich bei Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen streng genommen nicht um ein Finanzierungsinstrument handelt, können sie eine wichtige Rolle in der Wachstumsphase eines Start-ups spielen. Start-ups geben ihren Mitarbeitenden mit diesen Programmen die Möglichkeit – ohne sie zu verpflichten –, die Aktien des Unternehmens über einen begrenzten Zeitraum zu einem festgelegten Preis zu erwerben. Dadurch wird vor dem Börsengang des Unternehmens ein Preis für die Unternehmensanteile festgeschrieben, der, so die Annahme, unter dem Marktwert liegt. Die Einrichtung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen ermöglicht es Start-ups, die Motivation und Ambitionen ihrer Mitarbeitenden oder Mitgründer*innen mit der Vision des Unternehmens in Einklang zu bringen.

Die bisher begrenzte Weiterentwicklung der Regulierung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen in Deutschland verringert nicht nur die Möglichkeiten für Start-ups, Nachwuchs- und Spitzenkräfte anzuwerben, sondern verhindert auch mögliche Kaskadeneffekte bei Investitionen (beispielsweise bei Ausübung und gleichzeitigem Verkauf von Aktienoptionen). Die Einrichtung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen ist nach deutschem Recht äußerst schwierig, und sie unterliegen einer hohen steuerlichen Belastung. Im Jahr 2020 nutzten weniger als 30 % der deutschen Start-ups diese Programme. Laut einer vom Wagniskapitalunternehmen Index Venture durchgeführten Studie liegt Deutschland hinsichtlich des regulatorischen und kulturellen Rahmens für Aktienoptionen im internationalen Vergleich von 22 Ländern in Nordamerika und Europa auf dem zweitletzten Platz (Richter, 2020^[16]).

Dies wirkt sich auch in erheblichem Maße auf die verfügbaren Nachwuchs- und Spitzenkräfte aus. Die bei der Einrichtung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen bestehenden regulatorischen Schwierigkeiten beeinträchtigen vielversprechende Start-ups darin, Fachkräfte anzuwerben und zu halten, da Liquiditätszwänge in den frühen Entwicklungsphasen eines Start-ups die Fähigkeit zur Zahlung von Gehältern einschränken. Die Gewährung einer Beteiligung am zukünftigen Wachstum eines Unternehmens kann eine attraktive Alternative darstellen. Generell sind die deutschen für Kapitalbeteiligungen und Leistungsprämien geltenden Steuerregelwerke im internationalen Vergleich nicht wettbewerbsfähig. Außerdem sind Umgehungslösungen doppelt so teuer wie die Einrichtung eines solchen Programms an anderen Standorten, etwa im Vereinigten Königreich, in Israel oder den Vereinigten Staaten. Stattdessen geben die Start-ups virtuelle Aktienoptionen aus, die für die Unternehmen sehr teuer werden können und für die Mitarbeitenden weniger attraktiv sind.²

Neben Kanada und Israel haben fünf europäische Länder (Lettland, Litauen, Estland, Frankreich und Vereinigtes Königreich) die Regulierung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen verbessert und bieten nun günstigere Bedingungen für Aktienoptionen als die Vereinigten Staaten. In Deutschland zielte der 2021 erstellte Entwurf zum Fondsstandortgesetz darauf ab, diese Probleme anzugehen, doch gingen die darin vorgesehenen Reformen und Anreize nicht weit genug. Beispielsweise gelten Steuervergünstigungen nur für Mitarbeitende von Unternehmen, deren Gründung nicht mehr als zehn Jahre zurückliegt. Darüber hinaus ist der Steuerfreibetrag trotz Anhebung im Vergleich zu anderen europäischen Staaten noch immer gering.

Literaturverzeichnis

- Apolitical (2017), „The government venture capital fund that boosted Israel’s start-up economy“, *Apolitical*, 06. Juni, <https://apolitical.co/solution-articles/en/government-venture-capital-fund-boosted-israels-start-economy>. [2]
- Atomico (2018), „The State of European Tech 2018“, Atomico, Slush & Orrik, <https://2018.stateofeuropeantech.com> (Abruf: 1. März 2022). [15]
- aws (o. J.), „aws Wachstumsinvestition“, Austria Wirtschaftsservice, Wien, <https://www.aws.at/aws-wachstumsinvestition/>. [5]
- Cecchetti, S. und K. Schoenholtz (2017), „Treasury Round II: The Capital Markets Report“, Commentary, 23. Oktober, Money and Banking, <https://www.moneyandbanking.com/commentary/2017/10/22/treasury-round-ii-the-capital-market-report>. [10]
- Dealroom.co (2020), „Shortage of later stage venture capital in Germany: more acute due to Corona crisis“, PowerPoint-Präsentation, dealroom.co, Amsterdam, <https://dealroom.co/uploaded/2020/06/Berlin-Capital-FINAL.pdf>. [13]
- EZB (2021), *Survey on the Access to Finance of Enterprises in the Euro Area*, Europäische Zentralbank, Frankfurt, <https://www.ecb.europa.eu/stats/accesstofinancesofenterprises/pdf/ecb.safe202106~3746205830.de.pdf>. [9]
- Gillers, H. (2022), „Retirement Funds Bet Bigger on Private Equity“, *Wall Street Journal*, 10. Januar, <https://www.wsj.com/articles/retirement-funds-bet-bigger-on-private-equity-11641810604>. [4]
- HM Revenue & Customs (o. J.), „Tax relief for investors using venture capital schemes“, Guidance, GOV.UK, <https://www.gov.uk/guidance/venture-capital-schemes-tax-relief-for-investors>. [6]
- Hüfner, F. (2010), „The German Banking System: Lessons from the Financial Crisis“, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 788, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5kmbm80pjkd6-en>. [8]
- OECD (2022), *Policies to Support Green Entrepreneurship: Building a Hub for Green Entrepreneurship in Denmark*, OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/e92b1946-en>. [14]
- OECD (2021), „Bridging the gap in the financing of intangibles to support productivity: Background paper“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/global-forum-productivity/events/Bridging-the-gap-in-the-financing-of-intangibles-to-support-productivity-background-paper.pdf>. [1]
- OECD (o. J.), „Venture capital investments“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/60395228-en> (Abruf: 28. Juni 2022). [11]
- Richter, M. (2020), „How Germany Can Revive its Start-up Sector“, *The Policy Corner*, 09. Mai, <https://www.policycorner.org/en/2020/05/09/how-germany-can-revive-its-start-up-sector/>. [16]

- SPRIND (2022), „Lückenschluss – Empfehlungen für den Auf- und Ausbau der Innovationsfinanzierung in Deutschland“, Bundesagentur für Sprunginnovationen, Leipzig, <https://www.sprind.org/de/artikel/lueckenschluss/>. [12]
- Weltbank (o. J.), „Domestic credit to private sector by banks (% of GDP) – Germany, OECD members, United States, France“, Datensatz, Weltbankgruppe, Washington, D.C., <https://data.worldbank.org/indicator/FD.AST.PRVT.GD.ZS?locations=DE-OE-US-FR> (Abruf: 1. März 2022). [7]
- Yozma (o. J.), „About: Overview“, Yozma, <https://www.yozma.com/overview>. [3]

Anmerkungen

¹ „Wagniskapital“ bezieht sich auf die Finanzierung eines nicht börsennotierten Unternehmens durch private Investoren – oft gemeinsam mit der Unternehmensleitung oder den Unternehmensgründer*innen –, mit dem Ziel, eine vielversprechende Geschäftsidee oder Innovation zu kommerzialisieren. Diese Finanzmittel werden zu einem der folgenden Zeitpunkte beschafft: entweder in der Pre-Seed- oder Seed-Phase, wenn die Kommerzialisierung durch das Start-up noch aussteht, in einer frühen oder mittleren Phase, wenn das Start-up in den Markt eintritt, oder aber in einer späteren Phase, wenn das Start-up skalieren und expandieren will.

² Im Rahmen eines Programms für virtuelle Aktienoptionen erhalten Mitarbeitende bei Börsengang oder Übernahme des Unternehmens den Barwert dieser Optionen. Derartige Programme werden häufig durch die enormen Kosten verhindert, die dem Unternehmen damit entstehen. Sie sind außerdem für Mitarbeitende eher unvorteilhaft, da die Zahlungen steuerlich als Einkommen und nicht als Kapitalerträge behandelt werden.

8

Standards setzen: die Qualitätsinfrastruktur und Innovation in Deutschland

Im vorliegenden Kapitel werden die Qualitätsinfrastruktur in Deutschland und das Maß bewertet, in dem diese der Innovation förderlich oder hinderlich sein kann. Von Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur vorgegebene Normen und Standards spielen eine zentrale Rolle im Innovationssystem, indem sie die Spielregeln vorgeben und Pfadabhängigkeiten in globalen Wertschöpfungsketten schaffen. Deutschland hat immer schon eine wichtige Rolle in der internationalen Architektur der Qualitätsinfrastruktur gespielt, doch wird die Verlagerung hin zu digitalen und anderen neuen fortgeschrittenen Technologien von einer systemischen Herausforderung an die Führungsrolle des Landes begleitet und fordert von der Politik, das Augenmerk auf die Modernisierung der Qualitätsinfrastruktur zu legen.

Einleitung

Normen und Standards – die so vielfältige Anwendungsbereiche umfassen wie die Größe eines Blattes Papier oder die Schnittstellen für Mensch-Maschine-Interaktionen in der Industrie 4.0 – sind für Unternehmen der Schlüssel zur Fähigkeit, die Innovation neuer Produkte und Leistungen erreichen und diese vermarkten zu können. Die Standardisierungseinrichtungen schaffen durch die Aufstellung allgemein gültiger Regeln die für Innovation notwendige Rechtssicherheit und finanzielle Klarheit. Normen und Standards tragen des Weiteren dazu bei, die Legitimität der „Spielregeln“ für Wirtschaftsakteure der öffentlichen Hand und aus dem Privatsektor sicherzustellen. Sie können das soziale Wohlergehen durch die Verbesserung von Produktsicherheit und -qualität, durch den Aufbau von Vertrauen unter Marktteilnehmern und den Abbau von Transaktionskosten insbesondere im grenzüberschreitenden Handel fördern. Darüber hinaus fördern gut durchdachte Standards die Innovation, indem sie das angesammelte Wissen in ein System bringen und eine Grundlage bilden, auf deren Basis neue Technologien entstehen. Im Gegensatz dazu erhöhen veraltete Standards den Widerstand gegenüber Veränderungen, weil sie ineffiziente oder obsoletere Technologien vorschreiben (Allen und Sriram, 2000^[1]; Blind, 2022^[2]).

In Deutschland werden Normen und Standards von einem Netzwerk hochspezialisierter Einrichtungen entwickelt und überwacht, die zusammengenommen die Qualitätsinfrastruktur darstellen. Der Begriff Qualitätsinfrastruktur beschreibt den öffentlich-rechtlichen und privatwirtschaftlichen institutionellen Rahmen, der zur Förderung und Verbesserung nicht nur der Festlegung von Standards, sondern auch der Qualität und Sicherheit sowie des aus ökologischer Sicht einwandfreien Zustands von Gütern, Dienstleistungen und Verfahren notwendig ist. Es obliegt den Organisationen im System der Qualitätsinfrastruktur, Dienstleistungen der Standardisierung, Akkreditierung und Konformitätsbewertung wie Inspektionen, Prüfungen und die Zertifizierung von Laboren und Produkten durchzuführen. Entscheidende Stellen sind u. a. das Deutsche Institut für Normung (DIN), die Physikalisch-Technische Bundesanstalt und die Deutsche Akkreditierungsstelle. Neu entstehende digitale Technologien wie die künstliche Intelligenz (KI), Robotertechnik, Batterien und Quantencomputertechnik stellen neue Herausforderungen dar und bringen neuartige Verfahren und neue Fachkompetenz mit sich, was wiederum eine Aktualisierung der Infrastruktur erfordert.

Die vorrangige Stellung der deutschen Industrie in der internationalen Wirtschaft bedeutet in der Praxis, dass deutsche Standards und Normen häufig weltweit gelten. Aus der deutschen Wirtschaft hervorgehende Innovation vermag daher die regulatorischen Vorgaben und Standards jenseits der deutschen Grenzen zu gestalten – eine entscheidende strategische Stärke der deutschen Industrie. Die praktische – und, da diese Standards in unterschiedlichen Rechtssystemen kodifiziert werden, die rechtliche – Internationalisierung der Qualitätsinfrastruktur Deutschlands ist für einige der erfolgreichsten Branchen in Deutschland wie Maschinenbau und Automobilindustrie von besonderer Wichtigkeit. Die Eigenschaft als „Regelsetzer“ anstatt eines „Regelempfängers“ bringt Deutschland seinem Ziel der globalen Innovationsführerschaft näher, doch könnten die ökologische und die digitale Transformation – zwei Bereiche, in denen Deutschland weniger erfolgreich ist als in anderen Technologiefeldern – die deutsche Position infrage stellen.

Dieses Kapitel besteht aus insgesamt fünf Teilen. Es beginnt mit einem Überblick über die Empfehlungen zur deutschen Qualitätsinfrastruktur, bevor in Abschnitt 8.1 die entscheidenden Interessenvertreter der deutschen Qualitätsinfrastruktur in Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) betrachtet werden. Abschnitt 8.2 bettet diese Struktur in den internationalen Zusammenhang und EU-Kontext ein. Abschnitt 8.3 beschäftigt sich mit der Rolle der Qualitätsinfrastruktur vor dem Hintergrund der Digitalisierung und ökologischen Transformation, gefolgt von Abschnitt 8.4 zu der Frage, inwieweit sich Qualitätsinfrastruktur als strategisches Instrument zur Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit eignet.

Empfehlung 9: Qualitätsinfrastruktur digitalisieren, modernisieren und als Werkzeug einsetzen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Der Begriff Qualitätsinfrastruktur bezieht sich auf die Gesamtheit der Standards und Normen, die für das Verarbeitende Gewerbe und den Dienstleistungssektor ausschlaggebend sind. Der Erfolg bestimmter deutscher Produkte auf den Weltmärkten brachte es mit sich, dass Deutschland auch bei der Festlegung internationaler Standards eine Führungsposition innehat. Doch die steigende digitale Intensität von Produktionsprozessen und die zunehmende Vernetzung von Produkten, Dienstleistungen und Sektoren erschweren die Etablierung neuer Standards. Der derzeitige Wandel und seine beschleunigten Veränderungen erfordern neue und stärker auf den strategischen Einsatz von Qualitätsinfrastruktur und Standards ausgerichtete Ansätze.

E9.1 Den Digitalisierungsgrad erhöhen und hochmoderne Fähigkeiten sowohl bei Standardisierungsverfahren als auch bei der Qualitätsinfrastruktur entwickeln. Die für Standards und Qualitätsinfrastruktur zuständigen Einrichtungen haben einen Digitalisierungsrückstand und müssen dringend in Kapazitäten und Infrastruktur investieren. Auch muss die digitale Konnektivität über die Einrichtungen auf Ebene des Bundes und der Bundesländer in den Blick genommen werden. Die Einrichtungen für fortgeschrittene Metrologie in Deutschland müssen gestärkt und modernisiert werden, um mit der Komplexität und den Verflechtungen der neuen, von ihnen zu messenden Technologien wie des autonomen Fahrens oder der Anwendung von KI in Medizin und Pharmazie umgehen zu können. Die Entwicklung der Infrastruktur für Qualität und Standards hängt außerdem entscheidend von unterstützenden Investitionen in Humankapital ab, einschließlich durch die Bewerbung der Attraktivität dieses Arbeitsumfelds.

E9.2 Die Qualitätsinfrastruktur als strategisches Werkzeug für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit einsetzen. Deutschlands führende Stellung in vielen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes und der Industrie sowie die hohe Qualität des deutschen Messwesens brachten es mit sich, dass Deutschland auch bei der Festlegung internationaler Standards eine Führungsposition innehat. Dies ist ein Wettbewerbsvorteil und nutzt der deutschen Innovationstätigkeit, da sich Hersteller auf der ganzen Welt an Normen orientieren, die von deutschen Unternehmen festgelegt wurden. Die Regierung sollte daher einen systemischen Ansatz verfolgen, indem sie die Qualitätsinfrastruktur und die Festlegung von Standards als integrale Bestandteile internationaler Innovationstätigkeit und Wettbewerbsfähigkeit auffasst und ausdrücklich festschreibt, welchen Beitrag dieser Bereich zur Umsetzung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ leisten kann.

International bewährte Praktiken und maßgebliche globale Erfahrung

Obwohl die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands im Allgemeinen sehr fortgeschritten ist, können international bewährte Praktiken eine Orientierungshilfe darstellen. Führende weltweit tätige Einrichtungen wie das American National Standards Institute (ANSI, das nationale amerikanische Institut für Standardisierung) und die Korean Agency for Technology and Standards (KATS, koreanische Agentur für Technologie und Standards) sprechen in ihren Strategien ausdrücklich die strategische Bedeutung der Standards für Handel und Innovation an. Zwei Aspekte sind besonders wichtig. Erstens sollten Standards und ihre Anwendung, wie im Strategiebericht des ANSI erwähnt, fortlaufend überwacht und aktualisiert werden, damit sichergestellt ist, dass sie den Handel mit Produkten und Dienstleistungen nicht behindern. Zweitens sind internationale Outreach-Programme jenseits nationaler Grenzen zentrale Vermittlungswerkzeuge zur Verbesserung von Handelsbeziehungen und für den Erfolg landeseigener Standards (ANSI, 2020^[3]).

Wie in Empfehlung 9.1 erörtert ist es für die Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur wichtig, den institutionellen Betrieb und den Dialog mit Produzenten und Nutzern neuer Innovationen sowie mit der

breiteren Öffentlichkeit zu verbessern. Dies umfasst die Entwicklung von Kapazitäten und Fähigkeiten in einigen Schlüsseltechnologien, insbesondere bei KI und datengesteuerten digitalen Anwendungen, die verschiedene wichtige Sektoren der deutschen Wirtschaft betreffen und den Datenschutz und die Sicherheit vor neue Fragen stellen. Um diese Entwicklungen anzugehen, hat das ANSI „Standardisierungskooperationen“ eingerichtet – Foren, in denen Interessenvertreter und Fachleute die Regierung dazu beraten, wie bei der Standardisierung in neu entstehenden Technologiefeldern vorgegangen werden sollte, die sowohl technisches Fachwissen erfordern als auch die Gesellschaft betreffen (ANSI, o. J.^[4]). Die KATS veröffentlicht Jahresberichte über ihre laufenden Aktivitäten und stellt quantitative Daten zu den Vorteilen und Herausforderungen der Standardisierung zur Verfügung, die zu evidenzbasierter Politikgestaltung beitragen. Sowohl die KATS als auch die Korean Standards Association (KSA, koreanische Vereinigung für Standards) engagieren sich in staatlichen Schulen und Universitäten, indem sie Zertifikate und Schulungen zu den Grundlagen der Standardisierung und Qualitätsbewertung anbieten und in regelmäßigen Abständen Weiterbildungsveranstaltungen durchführen (KSA, 2022^[5]). In seiner Strategie aus dem Jahr 2020 spricht das ANSI auch die Wichtigkeit der Förderung von in Standards geschultem Personal an, was durch die Sensibilisierung für Standards und die Stärkung der diesbezüglichen Kompetenz erreicht werden kann (ANSI, 2020^[3]).

8.1. Überblick über die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands

Im vorliegenden Abschnitt werden die Institutionen beschrieben, die die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands für Standardisierung, Metrologie, Forschung und Prüfung, Konformitätsbewertung und Akkreditierung sowie Marktüberwachung bilden. Zusätzlich zu diesen Einrichtungen entwerfen mehrere informelle Foren und Zusammenschlüsse sektoren- und branchenweit geltende Standards, die häufig in der Praxis zum Standard werden.

Seit der Einführung des Normenvertrags im Jahr 1975 haben zwei Einrichtungen im Auftrag der deutschen Bundesregierung als Hauptstellen für nationale Standardisierung fungiert: das DIN und die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE).

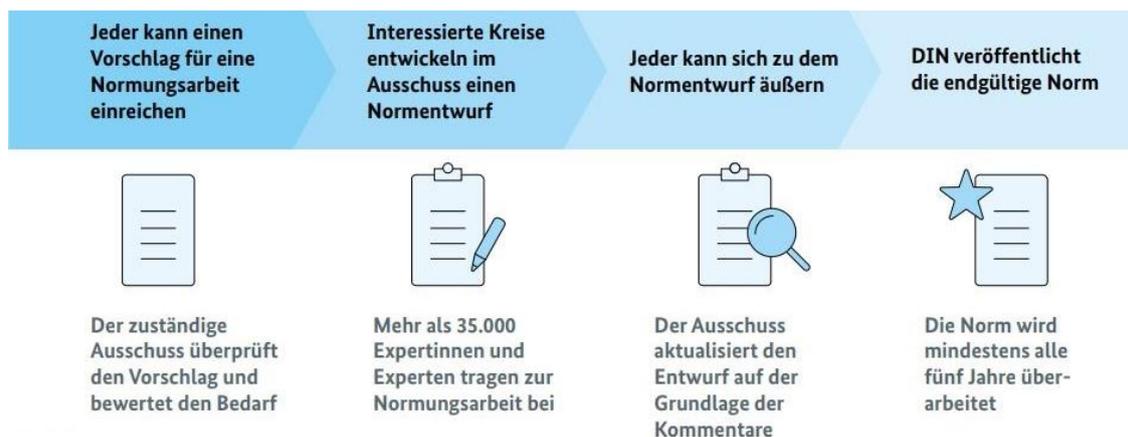
Das DIN ist eine öffentlich-private Partnerschaft, deren Hauptaufgabe in der konsensbasierten Entwicklung von Standards besteht, die die Marktanforderungen reflektieren. Im DIN werden die Aufgaben vom Bereich für Normen und Standardisierung koordiniert, wobei der Fokus auf fünf Schlüsselbereichen liegt: Bauwerke; Forschung und Transfer; Leben und Umwelt (dies bezieht sich auf Gesundheit, Lebenswissenschaften und Nachhaltigkeit); Industrie und Informationstechnik (IT); und Wasser, Luft, Technik und Ressourcen. Zusätzlich hat das DIN verschiedene themenfeldspezifische Kommissionen eingesetzt, die die Aktivitäten des Instituts in einem bestimmten Bereich der Standardisierung koordinieren, aktuell in den Bereichen Gesundheitswesen und Mittelstand. Die Hauptarbeit im Bereich Standardisierung wird allerdings durch die Arbeitskreise des Instituts geleistet, die zum Zwecke der Erarbeitung von Standards für bestimmte Bereiche Fachleute aus der Industrie und Forschung zusammenbringen. Diese Arbeitskreise werden entweder dauerhaft (beispielsweise die Arbeitskreise für Bauwerke oder Informations- und Kommunikationstechnologie [IKT]) oder für einen bestimmten Tätigkeitszeitraum eingerichtet und sind z. T. nicht innerhalb des DIN, sondern in Industrieverbänden angesiedelt.

Der DKE, einer Abteilung des Verbands der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE), obliegt die Entwicklung von Standards und Sicherheitsspezifikationen in den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik und IT. Beides sind gemeinnützige Einrichtungen, die sich zum großen Teil durch den Verkauf von Standards finanzieren (dieser machte im Jahr 2019 63 % der Finanzierung des DIN und 95 % der Finanzierung der DKE aus) (BMWK, 2021^[6]).

Zur Erläuterung des in Abbildung 8.1 dargestellten Verfahrens: Jeder kann einen Vorschlag einreichen und alle an einem bestimmten Standardisierungsthema interessierten Parteien können sich und ihr Fachwissen in das Standardisierungsverfahren einbringen. Unternehmen, die neue Produkte und Dienstleistungen einführen, nehmen mit sehr großer Wahrscheinlichkeit am Standardisierungsverfahren teil, woran sich die Wichtigkeit dieses Prozesses für innovative Unternehmen und der Wettbewerbsvorteil für die Ersten am Markt zeigen (Blind, Lorenz und Rauber, 2021^[7]). Vor der offiziellen Verabschiedung eines Standards veröffentlicht die Standardisierungseinrichtung einen Entwurf und lädt zur öffentlichen Beteiligung ein, sodass die Fachleute sich auf den Inhalt eines Standards verständigen können. Darüber hinaus werden Standards in regelmäßigen Abständen von maximal fünf Jahren durch Fachleute überprüft, um so sicherzustellen, dass sie die aktuell bewährten Praktiken wiedergeben (Hallscheidt et al., 2016^[8]).

Abbildung 8.1. Das Standardisierungsverfahren in Deutschland

Anders als Normen bedürfen Standards keines einstimmigen Konsenses sämtlicher am Verfahren mitwirkender Interessenvertreter.



Quelle: BMWK (2021^[6]), *Gemeinsam für Qualität und Sicherheit: Eine Einführung in die Qualitätsinfrastruktur in Deutschland und der Europäischen Union für politische Entscheidungstragende und Handelspartner*, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/gemeinsam-fuer-qualitaet-und-sicherheit.pdf>.

8.1.1. Metrologie und Konformitätsbewertung

Metrologie – die Wissenschaft des Messens und der Entwicklung von Maßeinheiten – ist eine entscheidende Komponente der Qualitätsinfrastruktur. Sie ist von zentraler Bedeutung für das Innovationssystem, da sie die Grundlage für Produktentwicklung, Qualitätssicherung und -vorschriften sowie faire und zuverlässige Transaktionen am Markt darstellt. Die entscheidende Rolle, die die Metrologie einnimmt, wird durch Studien belegt, die die großen Vorteile für die Produktivität und das wirtschaftliche Wachstum insbesondere im Bereich der IT bestätigen (Link, 2021^[9]; Robertson und Swanepoel, 2015^[10]).

Aufgrund des Gemeinwohlcharakters und der stark positiven Externalitäten metrologischer Einheiten sind die wirtschaftlichen Anreize für ihre Entwicklung für die Marktteilnehmer gering, sodass diesbezügliche Investitionen durch die Privatwirtschaft eher unwahrscheinlich sind. Die Entwicklung von Maßeinheiten bringt hohe Fixkosten mit sich, während die Grenzkosten (und der Grenznutzen) vergleichsweise gering bleiben, sodass üblicherweise der Staat zum De-facto-Anbieter von Dienstleistungen der Metrologie wird (Robertson und Swanepoel, 2015^[10]). Die öffentliche Verwaltung muss daher eine aktive Rolle bei der Förderung der Metrologie einnehmen.

In Deutschland sind im Wesentlichen zwei Institutionen für die Metrologie und auch für die damit verbundene Forschung und Prüfung zuständig. Der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) obliegt die Entwicklung und Verbreitung von Maßeinheiten; sie dient damit der Wissenschaft, Gesellschaft und

Wirtschaft. Sie leitet ihren gesetzlichen Auftrag und ihre Tätigkeit aus 23 Gesetzen und Verordnungen ab, insbesondere dem deutschen Einheiten- und Zeitgesetz von 1978, welches die gesetzliche Zeit in Deutschland regelt und der PTB die öffentliche Verbreitung der gesetzlichen Zeit überträgt. Die PTB ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Während die PTB für die Metrologie zuständig ist, ist die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) prüfend und forschend tätig, um die technische Sicherheit von Produkten und Verfahren zu garantieren und Mensch, Umwelt und Sachgüter zu schützen. Ihre Tätigkeitsbereiche umfassen die Materialwissenschaften, Materialtechnik und Chemie. Die BAM ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

8.1.2. Akkreditierung

Die Hauptfunktion einer Akkreditierung ist die Bewertung der Kompetenz von Organisationen, die Konformitätsbewertungen vornehmen, und der Aufbau und die Stärkung des Vertrauens in die Qualitätsinfrastruktur. Eine Akkreditierung trägt zur effektiven Funktionsweise von Märkten bei, sodass die Käufer und Verkäufer auf die Zuverlässigkeit und Kompetenz ihrer (Handels-)Partner und die Eigenschaften der angebotenen Güter und Dienstleistungen vertrauen können (Frenz und Lambert, 2014_[11]). Beispielsweise können Hersteller größeren wirtschaftlichen Nutzen aus ihren Produkten und Dienstleistungen generieren, da eine Akkreditierung die Glaubwürdigkeit von Testberichten und Zertifikaten erhöht. Dies ist insbesondere der Fall bei innovativen Produkten und Dienstleistungen, die Anreize für weitere innovationsbezogene Investitionen schaffen.

Die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkKS) ist der alleinige Dienstleister für Akkreditierungen in Deutschland und nimmt auf Basis gesetzlicher Vorgaben auf nationaler und europäischer Ebene Aufgaben im öffentlichen Interesse wahr. Die DAkKS wurde als nicht-gewinnorientierte Gesellschaft mit beschränkter Haftung errichtet. Die Bundesrepublik, die Bundesländer und der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) sind zu gleichen Teilen (jeweils zu einem Drittel) an der DAkKS beteiligt.

8.1.3. Marktüberwachung

Die Hauptaufgabe der den Markt überwachenden Einrichtungen besteht in der Ermittlung von Marktteilnehmern und Produkten, die die gesetzlichen Vorgaben Deutschlands und der EU nicht einhalten. Daher schützt die Marktüberwachung nicht nur Verbraucher vor potenziell gefährlichen Produkten, sondern sie fördert auch den fairen Wettbewerb unter den Unternehmen, da sie alle den gleichen Regeln unterliegen. In Deutschland obliegt die Marktüberwachung auf Bundesebene zwei Hauptinstitutionen.

Die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) ist für die Überwachung von Produktmärkten zuständig und koordiniert die Marktüberwachungstätigkeiten auf Ebene der deutschen Bundesländer. Bei Verdacht auf ein Problem überträgt sie ihre Befugnisse auf die jeweiligen für Konformitätsbewertungen zuständigen Stellen, die Produktkontrollen durchführen. Die ZLS leitet ihren Auftrag aus einer im Jahr 1993 getroffenen Vereinbarung der 16 Bundesländer ab, ist aber tatsächlich eine obere Landesbehörde, die im für technische Arbeit und Verbraucherschutz zuständigen Landesministerium des Freistaats Bayern angesiedelt ist.

Die Marktüberwachung der mit Energie, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen verknüpften Märkte und der zugehörigen Infrastrukturen ist der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) übertragen worden. Die BNetzA ist eine selbständige Bundesbehörde im Geschäftsbereich des BMWK und des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV). Ihre Aufgabe besteht in der Förderung gut funktionierender Märkte durch Deregulierung und Liberalisierung bei gleichzeitiger Sicherstellung der Einhaltung der Vorschriften des deutschen Telekommunikationsgesetzes, Postgesetzes und des Energiewirtschaftsgesetzes.

8.2. Die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands in der europäischen und internationalen Standardisierung

In diesem Abschnitt wird die Stellung Deutschlands in der europäischen und weltweiten Standardisierung betrachtet, die eine wichtige Rolle im Handel, bei der Wettbewerbsfähigkeit und für die Innovationsleistung spielt. Ebenso werden die aktuellen Initiativen zur Stärkung der Standardisierung auf EU-Ebene und internationaler Ebene erörtert. Dabei werden Bereiche mit Verbesserungspotenzial in den Blick genommen, insbesondere jene, die empirische Belege vermissen lassen, wie auch das fehlende Bewusstsein bei den Unternehmen und politischen Entscheidungsträgern für die Auswirkungen von Standardisierung auf deutsche Unternehmen und die Wirtschaft als Ganzes.

Als bedeutende Handelsnation nimmt Deutschland eine zentrale Stellung in der europäischen und internationalen Standardisierung ein. Von den heute bestehenden nationalen Standards waren grob 85 % europäischen oder internationalen Ursprungs, was der deutschen Wirtschaft erhebliche Vorteile einbringt (DIN, o. J._[12]). Die Wirtschaftsforschung hat gezeigt, dass es die Transaktionskosten erheblich senkt, wenn Standards in mehr als einem Land angewandt werden, und dass dadurch Hindernisse im internationalen Handel abgebaut werden, auf den Deutschland angewiesen ist. Im Gegensatz dazu kann in bestimmten Produktbereichen das ausschließliche Verlassen auf nationale Standards, die ausländische Marktteilnehmer möglicherweise nur unter Schwierigkeiten einhalten können, den grenzüberschreitenden Handel behindern. Insbesondere hat sich das Zusammenspiel aus nationalen und internationalen Standards als Quelle internationaler Kooperation und höherer Handelserträge erwiesen, dies insbesondere in Europa (Blind et al., 2017_[13]).

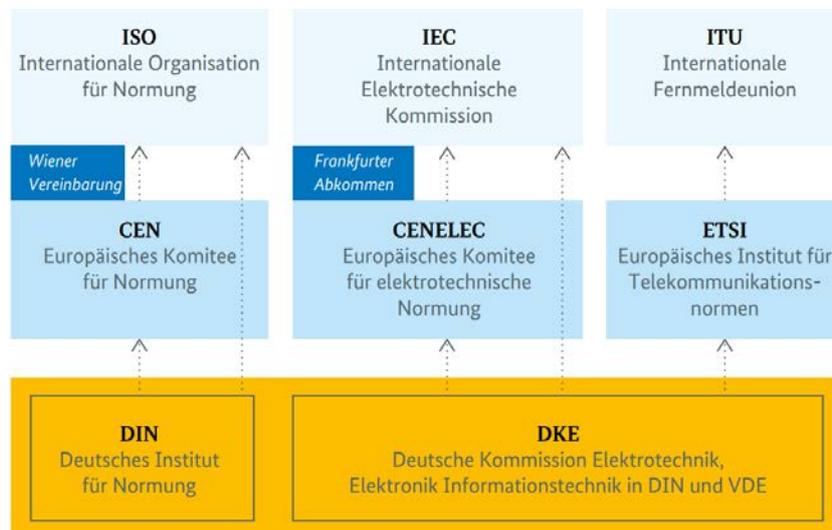
Jedoch hat der internationale Standardisierungsprozess ebenso wie der (vorstehend betrachtete) Prozess auf nationaler Ebene neue Herausforderungen zu meistern, die sich aus der Diversifizierung von Geschäftsmodellen, der zunehmenden Bedeutung von IKT und der wachsenden Wichtigkeit von Dienstleistungen in globalen Wertschöpfungsketten ergeben. Mit der immer stärker werdenden Notwendigkeit für Kommunikation zwischen Marktteilnehmern und aufgrund der zunehmenden Anzahl von in globalen Wertschöpfungsketten angesiedelten Produktionsphasen gewinnen Standards als Werkzeug zur Reduzierung von Informationsasymmetrien an Wichtigkeit (Blind et al., 2017_[13]). Aus diesem Grund ist es entscheidend sowohl für die Unternehmen als auch die politischen Entscheidungsträger des Landes, den Einfluss Deutschlands auf die Standardisierung jenseits der nationalen Ebene zu sichern und zu erweitern. Deutschland sollte weiterhin als Treiber für internationale Standardisierungsprojekte und die regionale Harmonisierung von Standards insbesondere in Europa wirken. Dies setzt die aktive Übernahme von Positionen in europäischen oder internationalen Standardisierungsstellen durch deutsche Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU), voraus. Unternehmen und politische Entscheidungsträger im Allgemeinen sollten die Standardisierung als ein strategisch einsetzbares Werkzeug zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands begreifen. Im Interesse einer effektiven Politikgestaltung erfordert dies die Sensibilisierung für internationale Standardisierung sowie weitere empirische Untersuchungen der Vorteile der Standardisierung sowohl für einzelne Unternehmen als auch für die Wirtschaft insgesamt.

Die wesentlichen in Deutschland für Standardisierung zuständigen Stellen, das DIN und die DKE, sind eingebettet in ein Netzwerk europäischer und internationaler Standardisierungsorganisationen. Im Allgemeinen werden internationale Standards durch die folgenden europäischen Institute festgelegt: das CEN, das europäische Komitee für Normung (zuständig für nicht-elektronische Standardisierung), das CENELEC, das europäische Komitee für elektrotechnische Normung (zuständig für elektrotechnische Standardisierung), das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI). Außerdem wirken drei weitere internationale Organisationen mit: die Internationale Organisation für Normung (ISO), die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) (zuständig für elektrotechnische Standardisierung) und die Internationale Fernmeldeunion (ITU) (zuständig für Standards in der Telekommunikation). Aufgrund einer Vereinbarung mit der Bundesregierung wird das DIN als die nationale Stelle anerkannt, die die deutschen

Interessen in europäischen und internationalen Standardisierungsorganisationen vertritt, wobei die DKE das DIN in Übereinstimmung mit der deutschen Normungsstrategie in enger Zusammenarbeit unterstützt (DIN, 2017^[14]). Zusätzlich kann das DIN die durch die Zusammenschlüsse festgelegten Standards in nationale, europäische oder internationale Standards übertragen. Dort bemüht man sich zwecks Abbaus von Hindernissen beim Handel um die Harmonisierung nationaler und internationaler Standards.

Abbildung 8.2. Standardisierung in Deutschland, in Europa und auf internationaler Ebene

Deutsche Standardisierungseinrichtungen sind in ein Netzwerk europäischer und internationaler Akteure eingebettet.



Quelle: BMWK (2021^[6]), *Gemeinsam für Qualität und Sicherheit: Eine Einführung in die Qualitätsinfrastruktur in Deutschland und der Europäischen Union für politische Entscheidungstragende und Handelspartner*, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/gemeinsam-fuer-qualitaet-und-sicherheit.pdf>.

Auf europäischer Ebene wurde die Wichtigkeit von Standards ausdrücklich durch die im Rahmen der Strategie für einen digitalen Binnenmarkt von 2015 eingerichtete Gemeinsame Normungsinitiative der Europäischen Kommission anerkannt. Diese gemeinsame Initiative zielt darauf ab, das Standardisierungssystem in der EU in Zusammenarbeit mit der Industrie, mit Standardisierungsorganisationen sowie mit den im weiteren Sinne an der Standardisierung Beteiligten und Interessierten zu fördern (Europäische Kommission, 2016^[15]). Die vorrangigen Ziele der Initiative lauten: 1. Sensibilisierung, Schulung und Kenntnisse rund um das europäische Standardisierungssystem verbessern; 2. Koordinierung, Zusammenarbeit, Transparenz und Teilhabe an Standardisierung fördern; und 3. Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Handel erhöhen. In Übereinstimmung mit der Strategie für einen digitalen Binnenmarkt haben sich die Maßnahmen auf EU-Ebene konkret auf IKT und die Prüfung des Europäischen Interoperabilitätsrahmens konzentriert. Allerdings bleibt noch erhebliches ungenutztes Potenzial bei der Entwicklung und Nutzung von auf freiwilliger Basis anzuwendenden europäischen Dienstleistungsstandards, die aktuell lediglich einen kleinen Teil der EU-weiten Standards ausmachen.

Anfang 2022 präsentierte die Kommission eine aktualisierte Strategie für Normung, die den Fokus ausdrücklich auf Standards als strategisches Werkzeug für die Wettbewerbsfähigkeit und für die Förderung der Mitgliedsstaaten und des europäischen Binnenmarkts im Ganzen verlagerte (Europäische Kommission, 2022^[16]). Diese Strategie sieht in fünf entscheidenden Maßnahmenbereichen die Notwendigkeit für ein bestimmtes und strategisches Auftreten der EU auf internationaler Ebene als gegeben an. Mit dieser Strategie sollen die sich aus der klimabezogenen Transformation und dem digitalen Wandel des industriellen Ökosystems der EU ergebenden Problemstellungen für die Standardisierung angegangen

werden. Ein zentrales Ziel ist es, der Standardisierung in strategisch wichtigen Bereichen Priorität einzuräumen, insbesondere bei der Produktion von Arzneimitteln, beim Recycling kritischer Rohstoffe, bei der Wertschöpfungskette von sauberem Wasserstoff, beim CO₂-armen Zement, bei der Zertifizierung von Chips und bei Datenstandards („1. Standardisierungsbedarf in strategisch wichtigen Bereichen antizipieren, priorisieren und angehen.“). Dies umfasst die Einrichtung eines hochrangigen Forums zur Antizipation und Festlegung zukünftiger Prioritäten in der Standardisierung, der neuen Position eines *Chief Standardisation Officer* zur Sicherstellung hochrangiger Anleitung der Kommission bei Standardisierungsmaßnahmen und eines EU-Exzellenzzentrums für Standards.

Die Strategie umreißt außerdem eine Reihe von Maßnahmen zur Verbesserung der Governance und Integrität des europäischen Standardisierungssystems („2. Die Integrität und Governance des europäischen Standardisierungssystems verbessern.“). Zur Vermeidung unzulässiger Einflussnahme von externen Akteuren auf die Entwicklung von Standards in wichtigen Bereichen wie Cybersecurity oder Wasserstoffstandards sollten von der Kommission erteilte Standardisierungsaufträge zukünftig von den nationalen Standardisierungsstellen übernommen werden. Des Weiteren wird die Kommission ein Peer-Review-Verfahren auf den Weg bringen, um die Modernisierung nationaler Standardisierungsorganisationen anzustoßen, insbesondere mit Blick auf die Einbeziehung der Zivilgesellschaft, Nutzer und KMU-freundliche Bedingungen für Standardisierung.

Auf globaler Ebene zielt die Kommission darauf ab, zusammen mit den EU-Mitgliedstaaten und den nationalen Standardisierungsstellen die Führungsrolle der EU durch Schaffung eines neuen Mechanismus zum Informationsaustausch, zur Koordinierung und zur Stärkung des europäischen Ansatzes für die internationale Standardisierung zu festigen („3. Die europäische Führungsrolle bei globalen Standards stärken.“). Darüber hinaus wird die Standardisierung enger mit von der EU finanzierten Forschungsprogrammen verknüpft, beispielsweise durch die Förderung von Forschenden mit Mitteln aus dem EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation „Horizont 2020“ für die Prüfung der Relevanz ihrer Forschungsergebnisse für Standardisierung und durch einen neuen Verhaltenskodex für Standardisierung im Forschungskontext („4. Innovation fördern.“). Schließlich umreißt die neue Strategie das Ziel der Kommission, das Fachwissen im Bereich von Standardisierung und das Bewusstsein für Standards unter an Hochschulen beschäftigten Forschenden zu fördern („5. Die nachfolgende Generation von Standardisierungsfachleuten befähigen.“).

Auf internationaler Ebene ist die ISO – mit mehr als 160 Mitgliedsländern – das wichtigste Forum für die deutsche Einflussnahme auf die Standardisierung. Bei der ISO werden die deutschen Interessen durch das DIN vertreten, welches Abordnungen von Fachleuten an die Arbeitskreise der ISO entsendet, die daraufhin an den Abstimmungen zu Standardisierungsentscheidungen teilnehmen. Zusätzlich dazu ist das DIN bei einer Reihe von Komitees und Arbeitskreisen der ISO für deren Verwaltung zuständig. Die Beteiligung an diesen Komitees und Arbeitskreisen bietet den Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Gelegenheit, ihre Forschungsergebnisse auf internationaler Ebene zu platzieren und ihre eigenen technischen Spezifikationen als internationale Standards zu bewerben. Deutschland gehört mittlerweile zu den wichtigsten Mitgliedern der ISO: Das Land ist an 700 Technischen Komitees der Vereinigung beteiligt (Blind und von Laer, 2021^[17]), wodurch es im weltweiten Ranking hinter Frankreich und China den dritten Platz einnimmt. Als dauerhaftes Mitglied in den Lenkungsausschüssen der ISO und im Rat der ISO wie auch durch seine regelmäßige Teilnahme an den jährlich stattfindenden Hauptversammlungen der ISO kann das DIN außerdem die strategische Ausrichtung internationaler Standardisierung aktiv gestalten. Da die technologische Entwicklung sich beschleunigt und sich von den traditionell starken Sektoren der deutschen Wirtschaft entfernt, sollte das DIN seine Bemühungen um die Vertretung der deutschen Interessen intensivieren.

Jenseits der formalen Kooperation auf europäischer und internationaler Ebene beteiligen sich deutsche Einrichtungen in regelmäßigen Abständen an internationalen Partnerschaften zur Entwicklung verständlicher und einheitlicher Standards und Spezifikationen und zur Förderung von Handel und Produktsicherheit. Eine wichtige Plattform für die Zusammenarbeit ist das im Jahr 2017 durch das BMWi (heute

BMWK) zusammen mit wichtigen Handelspartnern wie Brasilien, China, Indien, Mexiko, Kanada, der Eurasischen Wirtschaftsunion und den Vereinigten Staaten eingerichtete Globalprojekt Qualitätsinfrastruktur (GPQI). Das Ziel des GPQI ist die Förderung der internationalen Harmonisierung von Qualitätsinfrastrukturen unter den teilnehmenden Ländern. Es ist als Plattform für verschiedene Interessengruppen angelegt, die Regierungen und Fachleute der öffentlichen Hand und des Privatsektors zusammenbringt. Ähnlich wie bei der nationalen Standardisierung initiiert und fördert das GPQI politische und technische Dialoge, in deren Rahmen jede Interessengruppe Themenvorschläge einbringen kann. Diese Themen betreffen häufig die Zusammenarbeit zu konkreten Sektoren (beispielsweise der Chemie- oder Verkehrsbranche) oder die Harmonisierung von Maßnahmen und Verfahren (beispielsweise in der Metrologie).

8.3. Die Digitalisierung und die Nachhaltigkeitswende stellen neue Ansprüche an die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands

Beschleunigte technologische Entwicklungen stellen die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands vor neue Herausforderungen, insbesondere indem Einrichtungen ihre Arbeitsgeschwindigkeit verbessern müssen. Historisch gesehen wurden die Qualitätsinfrastrukturen mit dem Ziel entwickelt, einen linearen Innovationsprozess zu begleiten, doch zeichnen sich die heutigen technologischen Entwicklungen eher durch größere Dynamik aus und schaffen somit einen größeren Grad an Verflechtungen zwischen Produkten, Dienstleistungen und Sektoren. Die Standardisierungsstellen müssen neue Wege finden, um diese rasanten technologischen Entwicklungen bearbeiten und mit ihnen Schritt halten zu können, insbesondere in Bereichen wie dem autonomen Fahren oder dem Einsatz von KI in kritischen Bereichen wie Medizin und Pharmazie.

Die deutsche Normungsstrategie wurde im Jahr 2016 von Vertretern sämtlicher an Standardisierung mitwirkenden Einrichtungen entwickelt und stellte einen wichtigen ersten Schritt dar, die Standardisierungsfähigkeiten Deutschlands und seine Rolle als weltweiter „Regelsetzer“ zukunftssicher zu machen (DIN, 2017^[14]). Die Strategie legt sechs konkrete Ziele für die zukünftige Entwicklung des DIN und der DKE dar.

- Ziel 1 betont die Rolle der Standardisierung für den internationalen – und insbesondere europäischen – Handel. Es soll die Übernahme von internationalen Standards in Deutschland fördern und eine hohe Transparenz von Standardisierungsprozessen in Deutschland sicherstellen.
- Ziel 2 schreibt vor, dass die Standardisierung als Werkzeug zur Deregulierung eingesetzt werden sollte, um den teilnehmenden Akteuren unabhängige und konsensbasierte Vereinbarungen zu ermöglichen, die keiner eingehenden gesetzlichen Regelung bedürfen.
- Ziel 3 empfiehlt neue Prozesse und offene Plattformen zur Koordinierung von Standardisierung. Dies ist insbesondere relevant für Zukunftsthemen wie „Smart Cities“, Industrie 4.0 und die Energiewende, die eine viel umfangreichere Mitwirkung der Interessenvertreter erfordern. Die Digitalisierung von Standardisierung und die Nutzung von Open-Source-Methoden und -Techniken in Standardisierung werden der Erreichung dieses Ziels förderlich sein.
- Ziel 4 empfiehlt die Reduzierung von Standardisierungskosten und die Förderung der aktiven Mitwirkung von Industrie- und KMU-Verbänden sowie Akteur*innen aus der Zivilgesellschaft.
- Ziel 5 erkennt Standardisierung als ein strategisch einsetzbares Instrument an, mit dem es den Unternehmen ermöglicht wird, ihre eigenen (oder für sie vorteilhaften) Standards im weltweiten Wettbewerb einzubringen. Dies bedeutet allerdings, dass Standardisierung transparent und leicht zugänglich sein sollte und dass die Unternehmensführung die Beteiligung an Standardisierungskomitees als gleichermaßen vorteilhaft und wirksam ansehen sollte.
- Schließlich empfiehlt Ziel 6 die Verbesserung der öffentlichen Wahrnehmung von Standardisierung durch transparente und effektive Standardisierungsverfahren und durch die Bewerbung der Rolle von Standardisierung bei der Sicherstellung von Qualität, Sicherheit und Innovation.

Tabelle 8.1. Auswirkungen der Standardisierung auf Innovation

Die positiven Auswirkungen von Standards auf Innovation sind größer als ihre negativen Auswirkungen.

Allgemeine Funktionen von Standards	Positive Auswirkungen der Standardisierung auf Innovation	Negative Auswirkungen der Standardisierung auf Innovation
<i>Information</i>	<ul style="list-style-type: none"> • stellt für Innovation relevantes kodifiziertes Wissen bereit • koordiniert kollaborative Innovationstätigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • verursacht Kosten für Standard-Prüfungen • durch die Umsetzung der Standards wird der unbeabsichtigte Wissenstransfer auf Wettbewerber möglich
<i>Reduzierung von Vielfalt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ermöglicht die Ausnutzung von Skaleneffekten durch Standards • fördert durch Standards eine kritische Masse in neu entstehenden Technologien und Industrien • schafft Anreize für auf Standards basierender inkrementeller Innovation 	<ul style="list-style-type: none"> • reduziert Wahlmöglichkeiten • fördert Marktkonzentration • begünstigt eine verfrühte Auswahl unter den Technologien • beschränkt die Anreize für eine radikale Innovation
<i>Mindestqualität</i>	<ul style="list-style-type: none"> • schafft auf der Nachfrageseite Vertrauen in innovative Technologien und Produkte 	<ul style="list-style-type: none"> • fördert Marktkonzentration
<i>Kompatibilität</i>	<ul style="list-style-type: none"> • erhöht die Vielfalt von Systemprodukten • fördert positive externe Effekte des Netzwerks • verhindert die Bindung an alte Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> • fördert Monopolstellungen • fördert bei starken externen Einflüssen auf Netzwerke die Bindung an alte Technologien
<i>Versicherung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • dient als Versicherung, wenn eine radikale Innovation nicht zum gewünschten Ziel führt 	<ul style="list-style-type: none"> • schafft eher Anreize für eine inkrementelle als für eine radikale Innovation

Quelle: Blind (2022^[2]), *Standards and innovation – What does the research say?*, ISO R&I papers, Internationale Organisation für Normung, Genf, <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100466.pdf>.

Weitere Schritte hin zur Modernisierung von Standardisierung in Deutschland werden von QI Digital entwickelt, einer im Jahr 2021 von BAM, DAkkS, DIN, DKE und PTB errichteten und vom BMWK unterstützten Initiative. QI Digital hat zum Ziel, Möglichkeiten für Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur zu entwickeln, neue Entwicklungen in Digitaltechnologien wirtschaftlich zu verwerten und Standardisierungsverfahren zu internationalisieren. Um die praktische Bedeutung von neu entstehenden Technologien für die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands zu ermitteln und zu veranschaulichen, hat die Initiative in einer Reihe von Feldern Fallbeispiele gesammelt. Diese umfassen neue Produkte und Produktionstechnologien, bei denen die additive Fertigung wie der 3D-Druck die Anforderungen an Produktionsketten in erheblichem Maße verringert und die Kleinserienfertigung von neuen Produkten (beispielsweise in Technologien für Luft- und Raumfahrt, Energie und Medizin) ermöglicht. In diesen Fällen sind herkömmliche Bewertungsmethoden häufig unzureichend; erforderlich sind neue Verfahren für prozessintegrierte Qualitätssicherung, für zerstörungsfreie Prüfungen und für die digitale Auswertung von Verfahrens- und Messdaten. Dies trifft ebenso auf digital miteinander verbundene Netzwerke von Wasserstofftankstellen zu, um ein Beispiel zu nennen, wo komplexere Schnittstellen für Hard- und Software und die Interaktionen von Produzenten, Lieferanten und Kunden untereinander (z. B. durch Distributed-Ledger-Systeme auf einer Blockchain) neue Handlungsansätze für digitale Systeme und Datensicherheit in Qualitätsinfrastrukturen erforderlich machen.

KI ist eine weitere Schlüsseltechnologie, bei der Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur bewerten müssen, ob bestehende Standards und Spezifikationen nach wie vor angemessen sind, und bei der sie neue Wege finden müssen, autonome und selbstgesteuert lernende Systeme auszuwerten (Wahlster und Winterhalter, 2020^[18]). Die rasante Entwicklung und breite Anwendbarkeit von KI stellt eine besondere Herausforderung an die Qualitätsinfrastruktur dar, insbesondere im Hinblick auf ethische Erwägungen, Qualität, Konformitätsbewertung und IT-Sicherheit. Um die Fähigkeiten Deutschlands in diesem Feld und

insbesondere bei der Standardisierung zu verbessern, haben DIN und DKE gemeinsam die deutsche *Normungsroadmap Künstliche Intelligenz* entwickelt und im Jahr 2020 veröffentlicht (Wahlster und Winterhalter, 2020^[18]). Ziel dieser Roadmap ist die Entwicklung eines Handlungsrahmens für Standardisierungsmaßnahmen in KI, mit dem die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie unterstützt und ein innovationsfreundliches Umfeld für Forschung und Entwicklung in KI (insbesondere auf europäischer und internationaler Ebene) gefördert wird. Die in der Roadmap enthaltenen sechs Empfehlungen konzentrieren sich auf die Umsetzung von Datenreferenzmodellen, die die Interoperabilität von KI-Systemen unterstützen, auf die Erstellung von Sicherheitsnormen und auf die Initiierung und Förderung von Standards für zuverlässige Anwendungen von „Trusted AI“.

Zusätzlich zu den Investitionen in digitale Fähigkeiten ist die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands in kritischer Weise auf Investitionen in Humankapital angewiesen. Dies beinhaltet die Bewerbung der Attraktivität einer Beschäftigung in den vielfältigen Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur und die Einrichtung von Lehrstühlen und Programmen an Universitäten, die sowohl wissenschaftliche Kenntnisse hervorbringen als auch zukünftige Fachleute in fortgeschrittenen Technologien und deren Regulierung ausbilden.

8.4. Die Qualitätsinfrastruktur Deutschlands als strategisch eingesetztes Werkzeug zur Förderung von Innovation und internationaler Wettbewerbsfähigkeit

8.4.1. Standardisierung für eine globale Vorreiterrolle

Soll die Standardisierung Transaktionskosten beim grenzüberschreitenden Handel reduzieren und die Vereinbarkeit von neuen Erfindungen mit bestehenden auf den Weltmärkten fördern, dann sollte sie eine internationale Aufgabe sein. In Deutschland wurden die entsprechenden Maßnahmen zum großen Teil von exportorientierten Unternehmen ergriffen, die aktiv ihre Produktstandards unter global tätigen Herstellern bewarben und in vielen Bereichen des produzierenden Gewerbes und der Industrie eine Führungsrolle einnahmen. Im Kontext des digitalen Wandels und der ökologischen Transformation werden viele neue Standards für zutiefst unterschiedliche Projekte errichtet werden müssen, wobei die Festlegung dieser Standards zu einem Wettbewerbsvorteil führen kann. Jedoch hängt dieser strategische Einsatz der Qualitätsinfrastruktur Deutschlands wesentlich davon ab, dass die unternehmerische Innovation an vorderster Front steht, da (wie immer schon) eine Führungsrolle in der Innovation zum weiteren Ausbau internationaler Standards beiträgt.

Die politischen Entscheidungsträger sollten die Standardisierung als integralen Bestandteil internationaler Innovation und Wettbewerbsfähigkeit verstehen und entsprechend fördern. Die deutsche Normungsstrategie (Ziel 5) hat bereits die Notwendigkeit beleuchtet, Unternehmen bei der Nutzung von Standardisierung als strategisches Werkzeug zu unterstützen (DIN, 2017^[14]). Staatliche Unterstützung für Standardisierung sowohl in Form von Mittelzuweisungen als auch durch die mittelbare Förderung von Standards (beispielsweise im Wege der öffentlichen Auftragsvergabe) kann für das Innovationssystem von entscheidender Bedeutung sein. Dies umfasst die aktive Mitwirkung an internationalen Standardisierungsstellen – ein Bereich, in dem Deutschland in der Vergangenheit stark aufgestellt war –, was jedoch in zunehmendem Maße eine aktive Beteiligung, Fachwissen und Finanzmittel erfordert, um mit den beschleunigten technologischen Entwicklungen jenseits der deutschen Kernbranchen (beispielsweise Software und KI) Schritt halten zu können. Standardisierung – und Qualitätsinfrastruktur im weiteren Sinne – leisten einen zentralen Beitrag zur Umsetzung der Vision für Deutschland für 2030 und 2050 und sollten in dem Forum zur Verwirklichung der Vision erörtert werden.

8.4.2. Unternehmen in Qualitätsstandards einbinden

Die aktive Mitwirkung an Projekten der Standardisierung kommt den beteiligten Unternehmen zugute. Der Kontakt und die Zusammenarbeit mit Spezialisten anderer Gebiete schafft für sie einen Wissensvorsprung und gibt ihnen die Möglichkeit, ihre eigenen Technologien darzustellen und Standards inhaltlich mitzugestalten. Darüber hinaus haben Innovationen, die ab der ersten Idee bis hin zur Markteinführung von Standardisierungsprozessen geleitet wurden, bessere Chancen auf Marktdurchdringung. Unzweifelhaft stellt die Standardisierung ein wichtiges strategisch einsetzbares Werkzeug im Rahmen des Technologie- und Innovationsmanagements eines Unternehmens dar. Die Mitwirkung an der Entwicklung von Standards ist eine wertvolle Alternative – oder Ergänzung – zum Patentierungsverfahren, das kostspielig sein kann und häufig nur einen begrenzten thematischen Aspekt betrifft (DIN, 2017^[14]).

Gleichzeitig sind den Fachleuten die Vorteile bewusst, die die Standardisierung für ihr Unternehmen darstellt. Ihr Fachwissen und ihre Erfahrungen sind für den Erfolg der Standardisierungsbemühungen unentbehrlich. Jedoch können Unternehmen dieses Potenzial nur erschließen, wenn sie die Standardisierung in ihre Gesamtstrategie integrieren. Es ist daher unerlässlich, dass die Unternehmensleitungen den Einsatz ihrer Mitarbeiter in Standardisierungskomitees anerkennen und honorieren, beispielsweise durch die Bereitstellung von finanziellen Mitteln für die Teilnahme an Sitzungen dieser Ausschüsse. Die Mitwirkung von Unternehmen an Standardisierung sollte des Weiteren gefördert werden durch die Vereinfachung des Zugangs zu Standardisierungsverfahren und Ausschusssitzungen durch digitale Kommunikationsmöglichkeiten, insbesondere für die Unternehmensführung und Fachleute.

Zusätzlich zu den durch das DIN, die DKE und andere Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur ergriffenen Maßnahmen fördert das BMWK die Mitwirkung von Unternehmen an Standardisierung durch das mit einem jährlichen Betrag von 26 Mio. EUR ausgestattete Programm „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“. Seit dem Jahr 2016 unterstützt WIPANO Unternehmen durch fachmännische Beratung zu Patentierungs- und Standardisierungsverfahren bei der Ermittlung, beim Schutz und bei der wirtschaftlichen Verwertung vielversprechender Forschungsergebnisse.

Literaturverzeichnis

- Allen, R. und R. Sriram (2000), „The Role of Standards in Innovation“, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 64/2–3, S. 171–181, [http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625\(99\)00104-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625(99)00104-3). [1]
- ANSI (2020), *United States Standards Strategy*, American National Standards Institute, New York, <https://share.ansi.org/Shared%20Documents/Standards%20Activities/NSSC/USSS-2020/USSS-2020-Edition.pdf>. [3]
- ANSI (o. J.), „Coordination in the U.S. Standardization System“, American National Standards Institute, New York, <https://www.ansi.org/standards-coordination> (Abruf: 9. Mai 2022). [4]
- Blind, K. (2022), *Standards and innovation – What does research say?*, ISO R&I papers, Internationale Organisation für Normung, Genf, <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100466.pdf>. [2]
- Blind, K., A. Lorenz und J. Rauber (2021), „Drivers for Companies' Entry Into Standard-Setting Organizations“, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 68/1, S. 33–44, <http://dx.doi.org/10.1109/tem.2020.2975427>. [7]
- Blind, K. et al. (2017), „Standards in the global value chains of the European Single Market“, *Review of International Political Economy*, Vol. 25/1, S. 28–48, <http://dx.doi.org/10.1080/09692290.2017.1402804>. [13]
- Blind, K. und M. von Laer (2021), „Paving the path: drivers of standardization participation at ISO“, *The Journal of Technology Transfer*, <http://dx.doi.org/10.1007/s10961-021-09871-4>. [17]
- BMWK (2021), *Gemeinsam für Qualität und Sicherheit: Eine Einführung in die Qualitätsinfrastruktur in Deutschland und der Europäischen Union für politische Entscheidungstragende und Handelspartner*, BMWK, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/gemeinsam-fuer-qualitaet-und-sicherheit.pdf>. [6]
- DIN (2017), *Deutsche Normungsstrategie: Mit Normung Zukunft gestalten!*, Deutsches Institut für Normung, Berlin, <https://www.din.de/resource/blob/234448/58f20dcc3cecf12cc6a91f956cc3c160/dns-2017-layout-data.pdf>. [14]
- DIN (o. J.), „Internationale Normung“, Deutsches Institut für Normung, Berlin, <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/din-in-der-welt/internationale-normung> (Abruf: 25 April 2022). [12]
- Europäische Kommission (2022), *Eine EU-Strategie für Normung – Globale Normen zur Unterstützung eines resilienten, grünen und digitalen EU-Binnenmarkts festlegen*, Mitteilung, COM(2022) 31 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52022DC0031>. [16]
- Europäische Kommission (2016), *Gemeinsame Normungsinitiative im Rahmen der Binnenmarktstrategie*, C(2016) 3211 final, Annex 1, <https://www.din.de/resource/blob/259270/9b169dc93c457f876a3f036b80c6c545/gemeinsame-normungsinitiative-data.pdf>. [15]

- Frenz, M. und R. Lambert (2014), „The Economics of Accreditation“, *NCSLI Measure*, Vol. 9/2, S. 42–50, <http://dx.doi.org/10.1080/19315775.2014.11721682>. [11]
- Hallscheidt, S. et al. (Hrsg.) (2016), *1x1 der Normung – Ein praxisorientierter Leitfaden für KMU*, DIN, Berlin, DIHK, Berlin, und ZDH, Berlin, <https://www.din.de/blob/69886/5bd30d4f89c483b829994f52f57d8ac2/kleines-1x1-der-normung-neu-data.pdf>. [8]
- KSA (2022), „Our Services: Training & education“, Korea Standards Association, Seoul, https://www.ksa.or.kr/ksa_english/5179/subview.do. [5]
- Link, A. (2021), „The Economics of Metrology: An Exploratory Study of the Impact of Measurement Science on U.S. Productivity“, *Department of Economics Working Paper Series*, No. 21–1, UNC Greensboro, <https://bryan.uncg.edu/wp-content/uploads/2018/02/21-01-Economics-of-Metrology.pdf>. [9]
- Robertson, K. und J. Swanepoel (2015), „The economics of metrology“, *Research Paper*, No. 6/2015, Australian Government, Department of Industry, Innovation and Science, Office of the Chief Economist, <https://www.industry.gov.au/data-and-publications/staff-research-papers/the-economics-of-metrology#:~:text=Metrology%2C%20the%20science%20of%20measurement,its%20importance%20in%20the%20economy>. [10]
- Wahlster, W. und C. Winterhalter (Hrsg.) (2020), *Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz*, DIN, Berlin, und DKE, Frankfurt a. M., <https://www.din.de/resource/blob/772438/6b5ac6680543eff9fe372603514be3e6/normungsroadmap-ki-data.pdf>. [18]

Teil IV Eine Welt für sich?

Innovationen in Deutschland und ihre internationalen Einflussfaktoren

9

Die internationale Dimension des deutschen Innovationsökosystems

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen erörtert, die von der in hohem Maße international ausgerichteten Wirtschaft Deutschlands auf das Innovationssystem des Landes ausgehen. Das Kapitel befasst sich mit den engmaschig miteinander verknüpften Fragen, wie die Auslandsnachfrage inländische Innovationsinvestitionen fördert, welche Rolle die deutsche Wirtschaft in vielen technologisch fortgeschrittenen, globalen Wertschöpfungsketten spielt und welche Herausforderungen die Resilienz der Lieferketten für die ökologische und digitale Transformation der deutschen Wirtschaft hat. Des Weiteren enthält dieses Kapitel eine Empfehlung in Bezug auf die wesentliche Bedeutung, die einer internationalen Führungsrolle Deutschlands bei der Bewältigung zahlreicher der in diesem Bericht aufgezeigten Herausforderungen zukommt.

Einleitung

Die Exportorientierung des deutschen Privatsektors hat erhebliche Auswirkungen auf die Innovationsfähigkeit des Landes, aber auch auf die Innovationsfähigkeit in Europa allgemein. Die Bedeutung der Auslandsnachfrage für Innovation und Forschung innerhalb Deutschlands bringt es mit sich, dass die Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) Deutschlands eng mit der Außenwirtschaftsleistung und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft verknüpft ist. Gleichzeitig bedeutet das Ausmaß, in dem die deutsche Wirtschaft in die globalen Wertschöpfungsketten zahlreicher strategischer Industriezweige integriert ist, dass die Art, in der deutsche Unternehmen auf Veränderungen in diesen Industriezweigen reagieren, sowohl im Land selbst als auch im Ausland systemische Auswirkungen haben kann.

In diesem Kapitel werden einige dieser Auswirkungen benannt und es wird das Zusammenspiel der internationalen Ausrichtung der deutschen Wirtschaft mit der Innovationsleistung, der Wettbewerbsfähigkeit und der ökologischen Transformation erörtert. Die „internationale Komponente“ der deutschen Wirtschaft wirkt sich auf vier Arten auf die Innovationsfähigkeit und -leistung aus, womit auch die Frage der Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz zusammenhängt:

1. Deutschland ist in starkem Maße von der Auslandsnachfrage abhängig, um weiter in den exportorientierten Industriebranchen des Landes Innovationsaktivitäten durchzuführen. Teilweise ist dies das Ergebnis von verhältnismäßig schwachen Zuwächsen bei der – pandemiebedingt beeinträchtigten – Inlandsnachfrage und einer hohen Sparquote, die durch die Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen, u. a. auch im Zusammenhang mit dem Krieg in der Ukraine, befördert werden. Der exportorientierte deutsche Unternehmenssektor ist das Rückgrat der Wettbewerbsfähigkeit des Landes, denn in diesem werden Erträge erwirtschaftet, die dann in Forschung und Innovation reinvestiert werden können.
2. Das produzierende Gewerbe in Deutschland – und, wenn auch in geringerem Ausmaß, der Dienstleistungssektor – spielen eine wesentliche Rolle in einer ganzen Reihe wichtiger globaler Wertschöpfungsketten, etwa in der Automobilindustrie. Die herausragende Stellung deutscher Unternehmen in diesen globalen Wertschöpfungsketten resultiert aus deren Vorreiterrolle in einem breiten Spektrum von Technologien. Der deutsche Privatsektor importiert eine Vielzahl verschiedener Vorprodukte zur Nutzung in den innovativsten Branchen. Da sich die Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe zunehmend aus von Deutschland importierten digitalen oder sonstigen Schlüsseltechnologien speist, besteht das Risiko, dass sich der Beitrag der deutschen Unternehmen zur Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe und damit zur Wettbewerbsfähigkeit verringert.
3. Darüber hinaus kann die Abhängigkeit von importierten Primärgütern und Vorprodukten auch zu Engpässen führen. Während der Coronapandemie verursachte der Halbleitermangel erhebliche Schwierigkeiten für die Automobilindustrie. Die mangelnde Diversifizierung der Bezugsquellen für bestimmte Primärgüter wie etwa seltene Erden und Metalle sowie Vorprodukte wie Halbleiter ist im Zusammenhang mit der digitalen und der ökologischen Transformation, bei denen diese Güter eine wichtige Rolle spielen, besonders kritisch.
4. Wie viele OECD-Länder prüft die Bundesregierung derzeit die Frage der Energieimporte und die mit der Abhängigkeit von einer geringen Anzahl von Lieferanten einhergehenden Problemstellungen. Infolge der russischen Invasion in der Ukraine im Februar 2022 steht dieses Problem nunmehr weit oben auf der politischen Agenda. Höhere Energiekosten haben erhebliche Auswirkungen auf den nationalen und internationalen Verbrauch wie auch auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie, die in Deutschland einer der größten Abnehmer von Strom und Wärme ist, die mit aus Russland importiertem Öl und Gas produziert werden.

Um die Herausforderungen und die komplexen Fragestellungen zu bewältigen, die den Außenverknüpfungen des deutschen Innovationssystems inhärent sind, müssen politische Richtlinien im EU-Rahmen und darüber hinaus festgelegt werden. Dies ist auch unerlässlich, wenn es um die Bewältigung globaler Herausforderungen wie der ökologischen Transformation geht und wenn Möglichkeiten zur Skalierung von Innovationsbemühungen in Europa geschaffen werden sollen, um deren Abwanderung in die Vereinigten Staaten zu verhindern und den Innovationsträgern die Vorteile eines großen, einheitlichen europäischen Markts gegenüber den großen Märkten in den Vereinigten Staaten und China zu bieten.

In diesem Kapitel wird einleitend eine Empfehlung bezüglich der Führungsrolle Deutschlands in der Governance und Politikgestaltung in der internationalen Wissenschaft, Technologie und Innovation gegeben. Diese steht im Zusammenhang mit einer ganzen Reihe der in diesem Bericht behandelten Themen, bezüglich derer die Lösungen höchstwahrscheinlich nicht innerhalb der Grenzen eines einzigen staatlichen Hoheitsgebiets zu finden sein werden. Zu denken ist hierbei an die strategische europäische Autonomie bei wesentlichen Zukunftstechnologien, an Investitionen durch die öffentliche Hand und den Privatsektor sowie Regulierungsmaßnahmen, um die ökologische Transformation zu beschleunigen und die zunehmende internationale Unsicherheit sowohl national als auch im Wege internationaler Kooperation einzudämmen. Deutschland ist hier einzigartig aufgestellt, um eine Führungsrolle bei einer abgestimmten Reaktion auf diese international bedeutsamen Herausforderungen für Wissenschaft, Technologie und Innovation zu übernehmen, da sowohl in der Privatwirtschaft als auch in der Forschungsbasis des Landes tiefgehende technologische Fachkenntnisse verfügbar sind und der Erfolg Deutschlands bei der Bewältigung dieser Herausforderungen, sowohl national als auch im größeren europäischen Kontext, von den systemischen Auswirkungen abhängt.

Das Kapitel ist folgendermaßen aufgebaut: Es beginnt mit einer Empfehlung, Deutschland möge eine Führungsrolle bei der Gestaltung der Innovationspolitik in der EU und weltweit übernehmen, womit dem internationalen Aspekt zahlreicher der in diesem Bericht erörterten Herausforderungen Rechnung getragen wird. Sodann wird in Abschnitt 1 des Kapitels die Bedeutung der Auslandsnachfrage für die Nachhaltigkeit des produzierenden Gewerbes und der Industrie in Deutschland analysiert und, davon ausgehend, das von diesen getragene WTI-System. In Abschnitt 2 werden die Bedeutung globaler Wertschöpfungsketten und deren Auswirkungen auf den deutschen Unternehmenssektor, auf die Forschungsbasis des Landes und die Ausrichtung der Forschung betrachtet. Das Kapitel schließt in Abschnitt 3 mit einer Erörterung einer Reihe höchst wichtiger, miteinander verknüpfter Fragen zum Zusammenwirken der mit den Lieferketten Deutschlands verbundenen Herausforderungen für die digitale und ökologische Transformation.

Empfehlung 10 Eine Führungsrolle bei der Gestaltung innovationsbezogener Politik in der EU und weltweit übernehmen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Zur wirksamen Umsetzung vieler dieser Empfehlungen muss der Umfang der Koordinierung auf EU-Ebene und international genutzt werden. Um hier einen Erfolg zu erreichen, sind über Deutschland hinaus Anstrengungen auf EU- und länderübergreifender Ebene erforderlich, einschließlich der folgenden Anstrengungen: (i) Kompetenzentwicklung in entscheidenden Grundlagentechnologien für widerstandsfähigere Wertschöpfungsketten; (ii) Verwertung effizienter Infrastrukturen digitaler Daten (E4); (iii) Entwicklung eines ausreichend großen Finanzmarktes zur Skalierung vielversprechender Sprunginnovationen (E6); (iv) Festlegung der gewünschten Normen und Verfahren zur Qualitätskontrolle (E9); und (v) Stärkung von Innovation zur Förderung einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung. Zu diesem Zweck muss die Bundesregierung aktiv eine Führungsrolle bei der Gestaltung der Innovationspolitik auf EU- und globaler Ebene einnehmen.

E10.1 Die Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik besser auf den Binnenmarkt der EU ausrichten. Wie in E9.1 detailliert dargestellt könnten die Auswirkungen nationaler Prioritäten und politischer Strategien im STI-Bereich mittels Multiplikatoreffekt verstärkt werden, wenn sie besser auf die EU und den Binnenmarkt ausgerichtet wären. Bemerkenswert ist hier das am Beispiel der Dateninfrastruktur: Projekte wie z.B. GAIA-X haben einen deutlich größeren Umfang als jegliches gleichwertige inländische Projekt, da es die industriellen und Wirtschaftsdaten des gesamten EU-Binnenmarkt anvisiert, ein wichtiger Vorteil bei der maschinellen Datenanalyse. Ein ähnlicher Ansatz könnte in anderen Bereichen des WTI-Systems verfolgt werden wie bei der Entwicklung konkreter Grundlagentechnologien, bei der Digitalisierung und Stärkung von industriellen Lieferketten und der Skalierung über den Binnenmarkt noch nicht wirtschaftlich verwerteter oder noch nicht öffentlich verfügbarer Lösungen in Bereichen wie Technologien für das Klimamanagement. Wie in E2 (Labor für Innovationspolitik) und E7 (innovative Auftragsvergabe) vorgeschlagen könnte Deutschland auch eine Führungsrolle bei der Förderung von politischen Strategien einnehmen, die die Nachfragedynamik nach innovativen Lösungen auf EU-Ebene anregt.

E10.2 Potenziell wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse identifizieren, um Grundlagentechnologien zu fördern. Die während der Herausforderung durch die Covid-19-Pandemie auftretenden Lieferengpässe warfen ein Schlaglicht auf die Abhängigkeit Deutschlands von wenigen weltweit tätigen Lieferanten. Deutschland könnte eine direktere Rolle bei der Gewinnung von Unterstützung für wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse übernehmen, die auf die Entwicklung bestimmter Technologiefelder abzielen. Daraus könnten sich mehrere Vorteile für die deutsche Wirtschaft und die Europäische Union im Allgemeinen ergeben, insbesondere durch (i) die Entwicklung von Schlüsseltechnologien innerhalb der Europäischen Union und in den Volkswirtschaften entscheidender Partner in der EU mit dem Ziel einer verstärkten Resilienz der verschiedenen Lieferketten; und (ii) die Entwicklung von technologischen Schlüsselkompetenzen, die die Quelle zukünftiger Wettbewerbsfähigkeit darstellen.

E10.3 Auf EU-Ebene eine Führungsrolle bei der Förderung von Normen und Verfahren zur Qualitätskontrolle einnehmen. Aufbauend auf den in E9 umrissenen Aspekten und in Anbetracht des Multiplikatoreffektes, der sich aus der Ausrichtung der nationalen politischen WTI-Strategie an der Politikgestaltung der EU und dem Binnenmarkt ergibt, sollte Deutschland eine Führungsrolle bei der Förderung EU-weiter Standardisierung und einer EU-weiten Qualitätsinfrastruktur übernehmen, um die Wettbewerbsfähigkeit im weiteren Sinne und die innovativen Stärken der Europäischen Union und ihrer Mitgliedsstaaten zu stützen. Damit würden die durch die Volkswirtschaften der EU verfolgten Ansätze auf eine Linie gebracht werden, was wiederum die Position des Binnenmarkts im Kontext des internationalen und systemischen Wettbewerbs stärken würde.

E10.4 Internationale Zusammenarbeit maximieren, um Unsicherheiten zu bewältigen und die komplexen Herausforderungen des Wandels anzugehen. Wie in anderen Volkswirtschaften auf der Welt gilt auch für Deutschland, dass keine einzelne Regierung und kein einzelner Akteur über sämtliche Antworten verfügt, mit denen sich die Herausforderungen bewältigen ließen, die sich der deutschen Wirtschaft stellen. Während es kein Patentrezept gibt – dazu sind die ökologische und digitale Transformation zu komplex – können sich die politischen Entscheidungsträger in Deutschland bei der Bewältigung dieser komplexen Herausforderungen in zahlreichen Fällen von den Erfahrungen und Maßnahmen anderer Länder leiten lassen, beispielsweise bei der wirtschaftlichen Verwertung von Dekarbonisierungstechnologien oder der Digitalisierung des öffentlichen Sektors innerhalb eines Föderalstaats. Als Teil der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ sollte sich die Regierung aktiv um internationale Zusammenarbeit im vom Forum identifizierten Schwerpunktbereichen sowohl innerhalb der Europäischen Union als auch darüber hinaus bemühen.

E10.5 Bei der Stärkung des globalen und des nationalen Innovationsökosystems eine internationale Schlüsselrolle einnehmen. Dies beinhaltet die Gestaltung der globalen Innovationsagenda und der Hauptziele, die weltweit in wichtigen Innovationsagenden gesetzt werden, wie KI und Biotechnologie. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil in diesem Zusammenhang ist die effektive Anbindung an globale Innovationsbemühungen, die Anwerbung von Spitzenkräften und die Teilnahme an wirksamer Zusammenarbeit mit dem Ziel der Förderung des nationalen Innovationsökosystems.

9.1. Exportmerkmale

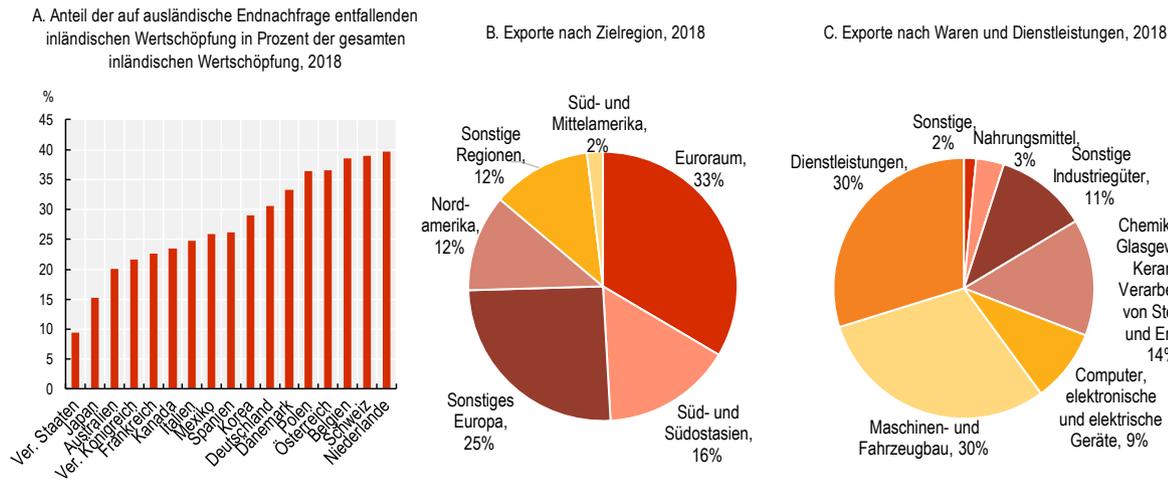
Deutschland ist das wichtigste Handelsland der EU. Es ist nach China und den USA die drittgrößte Handelsnation der Welt mit einem Anteil von 7,8 % an den weltweiten Exporten und 6,6 % an den weltweiten Importen. Im Jahr 2021 stellte der deutsche Exportanteil mit fast 47,3 % des BIP den höchsten unter den G20-Staaten und einen bedeutend höheren als in allen anderen G7-Staaten dar (OECD, o. J.^[1]). Die Bedeutung des Exports für das Wachstum der deutschen Wirtschaft ist angesichts von deren beachtlicher Größe bemerkenswert, wobei der inländische Konsum in größeren Volkswirtschaften die Bedeutung des Exports nach unten korrigiert. Diese wesentliche Rolle des Exports in der deutschen Wirtschaft und in der Folge seine Bedeutung für den innovativen Privatsektor als Motor der deutschen Wirtschaft verschafft Deutschland in gewisser Weise eine einzigartige Position unter den anderen großen und industrialisierten Volkswirtschaften. Der Nettoaußenhandelsstatus Deutschlands in Verbindung mit hohen inländischen Spareinlagen hat zu einem erheblichen Leistungsbilanzüberschuss beigetragen.

Die deutschen Exporte, insbesondere von hochwertigen Gütern des produzierenden Gewerbes und Investitionsgütern, werden von der Auslandsnachfrage getragen. In Anbetracht der Größe der deutschen Wirtschaft kommt der Wertschöpfung aus der Auslandsnachfrage eine besonders hohe Bedeutung zu – da bei Exporten im weiteren Sinne größere Volkswirtschaften im Allgemeinen wegen ihrer größeren Binnenmärkte einen geringeren Anteil der inländischen Wertschöpfung aus der Auslandsnachfrage ziehen –, was von der Spezialisierung deutscher Unternehmen auf die Herstellung hochwertiger und technologisch fortgeschrittener Investitionsgüter als Endprodukte oder Vorprodukte in globalen Wertschöpfungsketten zeugt (Abbildung 9.1).

Investitionsgüter führen die deutschen Exporte an, wobei Straßenfahrzeuge, Maschinen und andere Verkehrsgüter 40 % aller Exporte ausmachen, gefolgt von sonstigen Gütern des produzierenden Gewerbes (19 %), Dienstleistungen (18 %) und Chemikalien (13 %). Im Zeitraum 2008–2018 nahm die Exportorientierung der meisten deutschen Branchen zu: 2018 generierte die Auslandsnachfrage 60 % der Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe und mehr als 70 % in den Branchen der Metallerzeugung- und -bearbeitung, in den Chemie- und Pharmabranchen, bei IKT und sonstiger Transportausrüstung (OECD, o. J.^[2]).¹

Die wichtigsten Handelspartner Deutschlands sind andere europäische Länder und OECD-Mitglieder, teilweise weil sich dort die Standorte wichtiger Akteure des produzierenden Gewerbes in den Wertschöpfungsketten befinden, die deutsche Unternehmen unterstützen bzw. von diesen beliefert werden. Im Jahr 2021 entfielen auf die OECD-Länder 78,5 % der deutschen Warenexporte und 72,1 % der deutschen Importe, wobei die 27 Mitgliedstaaten der Europäischen Union auf Anteile von 53,1 % und 51,9 % kamen (BMWK, 2022^[3]). In beiden Fällen ist der Anteil geringfügig niedriger als im Jahr 2006, was die wachsende Bedeutung der asiatischen Märkte, insbesondere Chinas, unterstreicht. Während der Großteil des deutschen Außenhandels weiterhin gemeinschaftlich auf die OECD-Länder und die EU entfällt, hat die Bedeutung Chinas für den deutschen Export und Import in den vergangenen Jahrzehnten erheblich zugenommen. Im Jahr 2021 betrug der Anteil Chinas an den deutschen Warenexporten 7,5 % und an den deutschen Importen 11,8 %, gegenüber 3,1 % bzw. 6,8 % im Jahr 2006. Während diese Neuorientierung in Richtung China die Bedeutung der traditionellen Märkte Deutschlands nicht ausgehebelt hat, zeigt sich darin für den handelsorientierten Privatsektor des Landes dennoch eine bedeutsame Entwicklung.

Abbildung 9.1. Die exportorientierten Industriebranchen Deutschlands sind in hohem Maße von der Auslandsnachfrage abhängig



Anmerkung: Teil C: Die Kategorie „Sonstige“ umfasst Landwirtschaft, Jagd, Forstwirtschaft und Fischerei, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Strom, Gas, Wasserversorgung, Abwasser, Abfallentsorgung und -wiederaufbereitung und Bau. Die Kategorie „Sonstige Industriegüter“ umfasst Textilien, Bekleidung, Leder und verbundene Produkte, Holz- und Papierprodukte und Druckerzeugnisse, Metallerzeugung und -bearbeitung und nicht näher zugeordnete Produkte sowie Reparatur und Montage von Maschinen und Ausrüstung.

Quelle: OECD (o. J.^[2]), „Trade in value added“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00648-en> (Abruf: 16. Mai 2022).

Die Bedeutung der Auslandsnachfrage für die inländische Wertschöpfung hat mehrere wichtige Implikationen für das deutsche WTI-System und die Wirtschaft im Allgemeinen. Beispielsweise sind die exportorientierten Sektoren Deutschlands wie vorstehend erörtert entscheidende Motoren des inländisch generierten BIP-Wachstums. Der exportorientierte Privatsektor Deutschlands hat große Auswirkungen auf die nationale – und regionale – Erwerbsbeschäftigung. Innerhalb Deutschlands werden 27,1 % der nationalen Erwerbsbeschäftigung – beispielsweise in exportorientierten Tätigkeitsbereichen – von der Endnachfrage generiert, wobei der Anteil bei ausschließlicher Betrachtung des Unternehmenssektors auf 39 % steigt (OECD, o. J.^[4]; OECD, o. J.^[5]). Diese Zahlen sind bemerkenswert, und dies umso mehr, wenn die Verflechtungen zwischen der Auslandsnachfrage nach deutschen Gütern und den regionalen Lieferketten innerhalb Europas betrachtet werden, die deutsche Unternehmen versorgen. Der vorstehende Prozentsatz von 39 % passt zum allgemein beobachteten Anteil in Europa, wo dieser von der Endnachfrage generierte Anteil der Erwerbsbeschäftigung im Unternehmenssektor zwischen 30 % und 50 % beträgt (OECD, 2022^[6]).

Es gibt branchenbezogene Unterschiede: Beispielsweise werden 64,3 % der Erwerbsbeschäftigung in der deutschen Automobilbranche durch die ausländische Endnachfrage generiert. Die entsprechenden Zahlen für europäische Länder mit großen Automobilbranchen wie die Slowakische Republik und die Tschechische Republik liegen höher (93,8 % und 88,7 %), doch weichen die jeweiligen absoluten Gesamtzahlen der in dieser Branche jedes dieser Länder beschäftigten Personen erheblich voneinander ab: Die Erwerbsbeschäftigung unmittelbar in der Automobilbranche in Deutschland macht 920 000 Arbeitsplätze aus, in der Slowakischen Republik 82 000 Arbeitsplätze und 182 000 in der Tschechischen Republik (ACEA, 2022^[7]). Die Wechselwirkung von ausländischer Endnachfrage und Innovation im Unternehmenssektor in Deutschland ist besonders ausgeprägt, wenn man in Erwägung zieht, dass jede vierte FuE-Stelle in der Automobilbranche angesiedelt ist (GTAI, o. J.^[8]).

9.1.1. Exporte und Innovationsleistung

Was Deutschlands exportorientierte Wirtschaft ausmacht, ist die Ausgereiftheit der von ihr exportierten Produkte. Dies ist unmittelbar mit Innovation und in der Folge mit Wettbewerbsfähigkeit verknüpft, da entweder die Herstellung der von Deutschland exportierten Produkte effizienter sein muss als die anderer Exportnationen – einschließlich durch niedrigere Arbeitskosten –, wenn sie im internationalen Wettbewerb bestehen sollen, oder die Produkte von besserer Qualität sein müssen. Ein entscheidendes Merkmal der deutschen Wirtschaft und insbesondere ihres produzierenden Gewerbes ist daher die Nutzung von Spitzentechnologie, um marktreife Produkte hervorzubringen und die Effizienz bei der Herstellung besagter Produkte zu verbessern. Die jüngste Konzentration der Politik auf Industrie 4.0 ist ein weiteres Beispiel dafür, wie der deutsche Privatsektor die am weitesten fortgeschrittenen Digitaltechnologien und IKT zur Erhaltung seiner weltweiten Wettbewerbsfähigkeit integriert und auch selbst weiterentwickelt.

Somit hat es Deutschlands Fokussierung auf die Produktqualität der Wirtschaft ermöglicht, trotz höherer Kosten der inländischen Produktion international wettbewerbsfähig zu bleiben, und in der Folge das produzierende Gewerbe als tragende Säule des sozioökonomischen Wohlstands der Wirtschaft und ihres Wachstums zu erhalten. Deutschland ist diesbezüglich ein Sonderfall unter anderen fortgeschrittenen und industrialisierten Nationen, doch ist der Ansatz erfolgreich. Im Gegensatz zum Schicksal des produzierenden Gewerbes als Quelle der Erwerbsbeschäftigung in mehreren anderen OECD-Ländern hat sich beispielsweise der Anteil der Arbeitsplätze im produzierenden Gewerbe in Deutschland in den vergangenen 15 Jahren erhöht.

Die internationale Stellung Deutschlands und die von dieser Stellung getragenen inländischen und regionalen Arbeitsplätze und Investitionen hängen davon ab, wie die Unternehmen im Kontext der ökologischen und digitalen Transformation – der doppelten Transformation – abschneiden. Aus Technologie- und Produktperspektive betrachtet stellt sich als Herausforderung dar, dass die Wertschöpfung aus vielen exportierten Gütern in Bereichen, in denen Deutschland traditionell führende Kompetenzen besaß, auf jene – wie die Digitaltechnologien – verlagert wird, bei denen die Führungsrolle des Privatsektors eindeutig international aufgestellt ist. Auf ähnliche Weise wird die ökologische Transformation die Betriebsweisen in der Industrie tiefgreifend verändern.

Der hohe Entwicklungsstand im produzierenden Gewerbe in Deutschland ist anhand der von der Wirtschaft exportierten Produkte beobachtbar. Beispielsweise liegt die Komplexität des deutschen Warenkorbs unter den G7-Staaten auf Platz 2 und weltweit auf Platz 4, was der breiten Vielfalt der ausgefeilten innovativen Produkte zuzuschreiben ist, die von deutschen Unternehmen exportiert werden.² Einzelfallbasiert lässt sich der hohe Entwicklungsstand des produzierenden Gewerbes in Deutschland bei den führenden exportorientierten Unternehmen wie BMW und Mercedes in der Automobilbranche beobachten, die im Premiumbereich miteinander im Wettbewerb stehen. Die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft setzt daher voraus, dass die deutsche Produktion des produzierenden Gewerbes weiterhin so ausgereift und qualitativ hochwertig ist wie die anderer exportorientierter Volkswirtschaften mit produzierendem Gewerbe, wenn nicht sogar besser.

9.2. Verflechtungen von Handel und Wertschöpfungskette im deutschen Unternehmenssektor

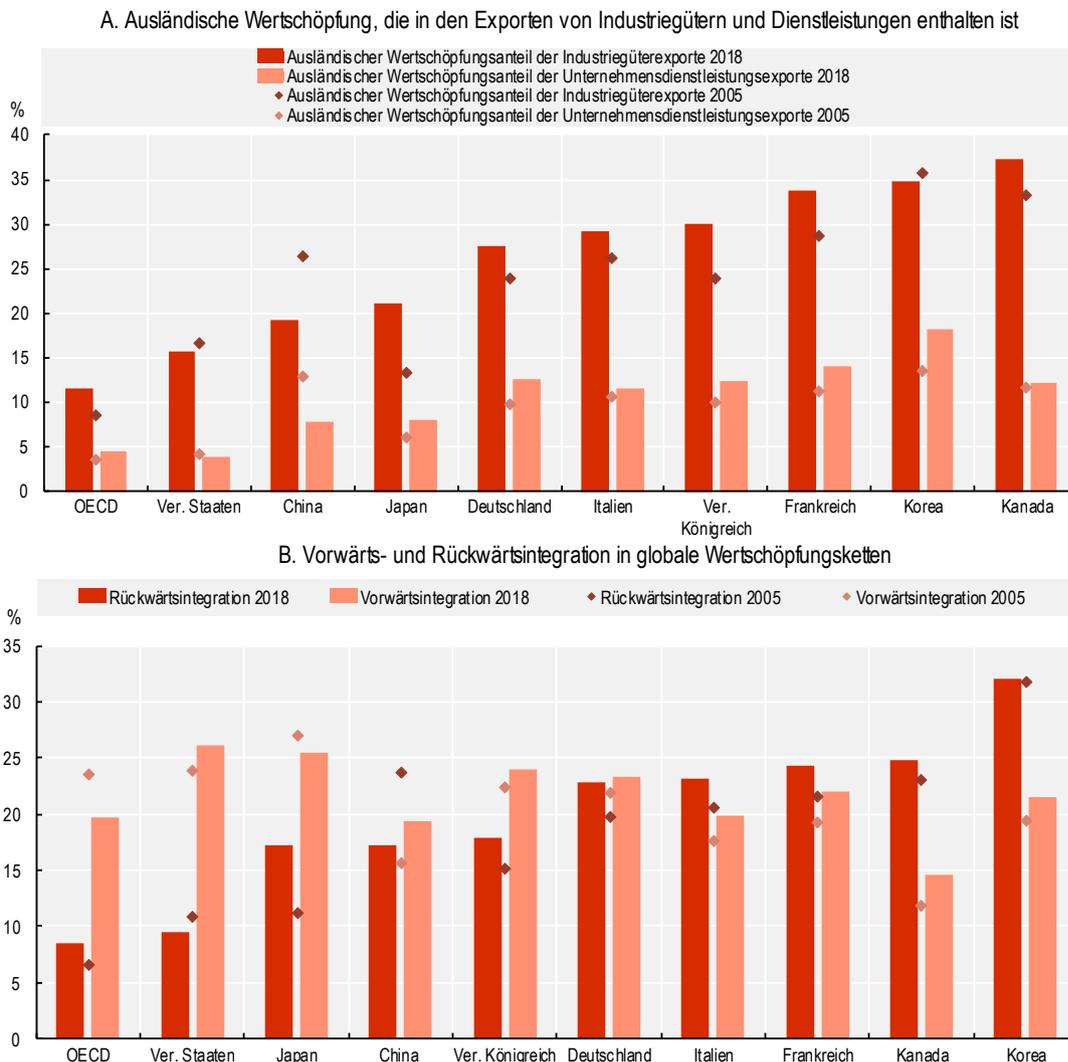
Ein weiterer wichtiger Faktor internationalen Ursprungs für die deutsche Wirtschaft jenseits ihrer Abhängigkeit von Exportmärkten sind die globalen Produktionsverflechtungen, die die Beschaffung von verschiedenen Arten entscheidender Inputs (Maschinen, Vorprodukte und Primärgüter) für die Herstellung von Vorprodukten oder Endprodukten in Deutschland betreffen.

9.2.1. Verflechtungsdynamiken und deren Merkmale in der Wertschöpfungskette in Deutschland

Viele der innovativsten deutschen Unternehmen sind zu einem sehr hohen Grad in globale Wertschöpfungsketten integriert. Deutsche Unternehmen beschaffen Inputs aus dem Ausland und liefern Vorprodukte an Unternehmen in anderen Ländern. Diese Verflechtungen der globalen Wertschöpfungsketten bestehen innerhalb eines Unternehmens – beispielsweise innerhalb von multinationalen Konzernen mit globalisierten Aufgaben – oder unternehmensübergreifend. Mit dieser Integration wird es den Unternehmen innerhalb und außerhalb Deutschlands außerdem möglich, weniger komplexe Aufgaben auszulagern und sich auf jene zu konzentrieren, bei denen die Wertschöpfung größer ist – wie FuE. Der Anteil ausländischer Wertschöpfung an deutschen Bruttoexporten – ein Indikator für die Bedeutung von Wertschöpfungsketten außerhalb Deutschlands – lag im Jahr 2018, dem letzten Jahr, für das Daten zur Verfügung stehen, bei 22,9 %.

Abbildung 9.2. Integration in die globale Wertschöpfungskette: Deutschland im internationalen Vergleich

Anteil an den Bruttoexporten



Quelle: OECD (o. J.^[2]), „Trade in value added“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00648-en> (Abruf: 17. Mai 2022).

Anders als in anderen OECD-Volkswirtschaften hat Deutschlands Integration in globale Wertschöpfungsketten – gemessen an der ausländischen Wertschöpfung generiert durch den Export von Waren und Dienstleistungen und durch die Vorwärts- und Rückwärtsintegration in globale Wertschöpfungsketten – seit 2005 zugenommen (Abbildung 9.2, Teil A). Im Jahr 2018 beispielsweise, dem letzten Jahr, für das Daten zur Verfügung stehen, betrug der Anteil ausländischer Wertschöpfung an in Deutschland hergestellten Exportgütern 27,5 %, was darauf schließen lässt, dass ausländische Inputs für die exportorientierten Branchen Deutschlands von wachsender Bedeutung sind. Eine ähnliche Dynamik ist gemäß OECD-Berechnungen bei der „Vorwärtsintegration“ (dem Abhängigkeitsgrad der Exporte eines bestimmten Landes von der Nachfrage anderer Länder) und der „Rückwärtsintegration“ (dem Grad ausländischer Wertschöpfung von ausländischen Input-Lieferanten) Deutschlands in globale Wertschöpfungsketten zu beobachten; hier ist die globale Stellung Deutschlands seit 2005 vergleichsweise stabil geblieben (Abbildung 9.2, Teil B). In Deutschland gingen die zunehmende Integration in globale Wertschöpfungsketten und die Spezialisierung auf mittel- und hochtechnologieintensive Branchen im Zeitraum 2005–2015 mit einem Beschäftigungswachstum und sozialen Ergebnissen (d. h. einer Reduzierung der Einkommensungleichheit) einher, die deutlich über dem OECD-Durchschnitt lagen (OECD, 2017^[9]).

Abbildung 9.3. Ursprung der durch Importe generierten Wertschöpfung (2000 und 2018)

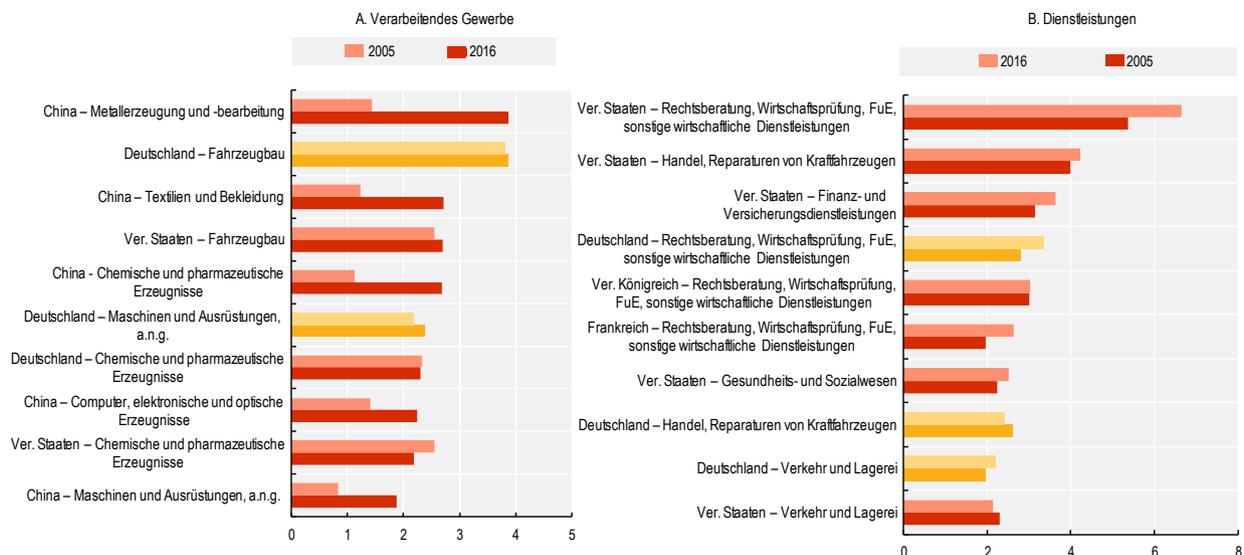


Quelle: OECD (2021^[10]), *OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2021*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/97a5bbfe-en>, auf der Grundlage von OECD (2021^[11]), „Global value chains: Efficiency and risks in the context of COVID-19“, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*. OECD-Berechnungen auf der Grundlage von OECD (2018) Inter-Country Input-Output (ICIO) Datenbank <http://www.oecd.org/sti/ind/inter-country-input-output-tables.htm>.

Insgesamt scheint die deutsche Wirtschaft ihre globale Integration voranzutreiben, wobei sowohl die Bedeutung ausländischer Inputs für die inländische Produktion (z. B. ausländische Wertschöpfung) als auch die Bedeutung der Auslandsnachfrage weiterhin wachsen. Gleichmaßen von Bedeutung für die allgemeine Dynamik globaler Wertschöpfungsketten ist, wie und wo die deutsche Wirtschaft global integriert ist. Die größte Veränderung beim Ursprung der von deutschen Exporten generierten Wertschöpfung – beispielsweise von wo Deutschland Inputs bezogen hat, die es dann in Exportgütern verwendet – liegt in China. Im Jahr 2000 entfielen auf China 7,8 Mrd. USD der zuletzt von deutschen Exporten generierten Wertschöpfung. Bis zum Jahr 2018 ist dieser Betrag auf 77,7 Mrd. USD gestiegen (Abbildung 9.3, Teil A). Der Beitrag anderer Länder zur Wertschöpfung aus deutschen Exporten ist in diesem Zeitraum ebenfalls gewachsen, aber bei keinem in dem Ausmaß wie in China, dessen Beitrag zur Wertschöpfung aus deutschen Exporten von 2,7 % im Jahr 2000 auf 11,1 % im Jahr 2018 angestiegen ist. Chinas Beitrag stellt somit den größten Einzelbeitrag dar (Abbildung 9.3, Teil B).

Abbildung 9.4. Die zehn Hubs mit der größten Zentralität in den globalen Wertschöpfungsketten

Deutschland ist einer der wichtigsten Hubs der Welt für globale Wertschöpfungsketten sowohl im produzierenden Gewerbe als auch im Dienstleistungssektor



Anmerkung: Die Gesamtzentralität wird berechnet als Durchschnitt der Vorwärtszentralität und der Rückwärtszentralität. Vorwärtszentralität erfasst die Bedeutung eines Landes – oder eines Sektors – als Verkäufer von Wertschöpfung in Vorprodukten für die Produktion von Exportgütern eines konkreten Partners. Rückwärtszentralität misst die Bedeutung eines Landes – oder eines Sektors – als Käufer von Wertschöpfung in Vorprodukten für die Produktion seiner eigenen Exportgüter. Das produzierende Gewerbe umfasst nicht die Baubranche, während der Dienstleistungssektor Strom-, Gas- und Wasserversorgungsleistungen ausschließt (OECD-Berechnungen auf der Grundlage von OECD (2018) [Inter-Country Input-Output \(ICIO\) \(Datenbank\)](#)).

Quelle: OECD (2021^[10]), *OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2021*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/97a5bbfe-en> auf der Grundlage von OECD (2021^[11]), "Global value chains: Efficiency and risks in the context of COVID-19", *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*. OECD-Berechnungen auf der Grundlage von OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Datenbank, <http://oe.cd/icio>.

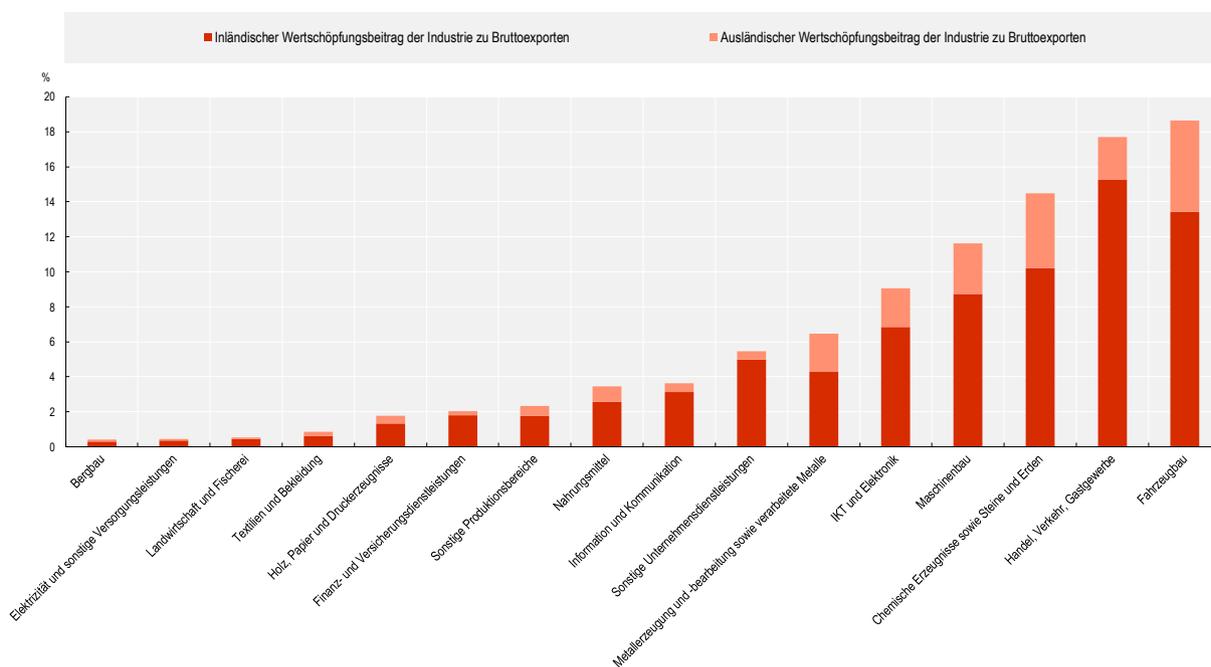
Dessen ungeachtet machen die OECD- und EU-Länder trotz eines Abschwungs auf Kosten der südost-asiatischen Volkswirtschaften und Chinas weiterhin den Großteil der Importe aus, die in der Folge deutsche Exporte generieren, was zum Teil die geografische Konzentration der Wertschöpfungsketten für Schlüsselindustrien wie der Fahrzeugherstellung in Europa widerspiegelt. Darüber hinaus hat Deutschland, wie in Abbildung 9.4 dargestellt, seine Position als einer der zentralsten Hubs weltweit in den Wertschöpfungsketten zweier seiner Schlüsselindustrien, Transportausrüstung (beispielsweise Fahrzeugherstellung) und Maschinenbau (Abbildung 9.4, Teil B), behalten. Für den Dienstleistungssektor bestätigen

die Zentralitätskennziffern von 2016 die zentrale Position von Volkswirtschaften mit hohen Erträgen, darunter Deutschland, als entscheidende Hubs für Unternehmensdienstleistungen, darunter Dienstleistungen im Finanz-, Versicherungs- und Rechtsbereich (Abbildung 9.4, Teil B) (Criscuolo und Timmis, 2018^[12]). Die anderen vorherrschenden Hub-Standorte für das produzierende Gewerbe und die Dienstleistungsbranche sind China bzw. die Vereinigten Staaten.

Die internationale Komponente der deutschen Wirtschaft ist in bestimmten Sektoren wichtiger als in anderen und spiegelt so die Zentralität bestimmter deutscher Branchen in globalen Wertschöpfungsketten wider. Beispielsweise ist der Beitrag ausländischer Wertschöpfung zu den Bruttoexporten von entscheidenden Branchen des produzierenden Gewerbes wie den Transportausrüstungen (darunter Fahrzeuge und Fahrzeugkomponenten) (5,2 %), der Chemiebranche (4,3 %) und dem Maschinenbau (2,9 %) wesentlich größer als in anderen Branchen, in denen Deutschland eine weniger zentrale Rolle in der globalen Wertschöpfungskette einnimmt (Abbildung 9.5). Die herausragende Stellung der Branche für Transportausrüstungen ist umso wichtiger in einer Situation, in der eine allgemeine Neuordnung der Wertschöpfung innerhalb der Wertschöpfungskette der Automobilbranche in der EU stattgefunden hat: weg von Ländern wie Frankreich, Italien und Belgien hin zu mittel- und osteuropäischen Ländern wie Polen, der Tschechischen Republik, Rumänien, Slowakei und Ungarn. Deutschland hat dieser Entwicklung getrotzt und seine Position als Hauptlieferant für die Wertschöpfungskette der Automobilbranche in der EU beibehalten (Fana und Villani, 2021^[13]; Balcer und Ietto-Gillies, 2019^[14]; Chiappini, 2012^[15]).

Abbildung 9.5. Die Beiträge der Sektoren zur in- und ausländischen Wertschöpfung

Beitrag zum Bruttoexport, 2018



Quelle: OECD (o. J.^[21]), „Trade in value added“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00648-en> (Abruf: 16. Mai 2022).

9.2.2. Die Auswirkungen des russischen Kriegs in der Ukraine auf deutsche Wertschöpfungsketten

Der Krieg Russlands in der Ukraine hat sich auf drei maßgebliche Arten auf die Wertschöpfungsketten Deutschlands ausgewirkt, hauptsächlich durch die Folgen der Handelssanktionen auf deutsche Importe russischer Primärgüter und Vorprodukte. Die erste Art ist die Auswirkung von Handelssanktionen auf

russisches Öl und Gas, wie in Abschnitt 3.2 erörtert. Die zweite Art ist die Auswirkung von Handelssanktionen auf den Anteil an vom deutschen Produktionswert generierter russischer Wertschöpfung, die ungefähr 1,25 % beträgt und auch zum großen Teil mit Öl- und Gasimporten aus Russland in Verbindung steht (OECD, 2022^[16]). Die dritte und damit verwandte Art ist die Auswirkung auf deutsche multinationale Konzerne mit einer Präsenz in Russland.

Eine weitere und bedeutende Beeinflussung der deutschen Wertschöpfungsketten durch den Krieg Russlands in der Ukraine besteht in den Auswirkungen von Handels- und Wirtschaftssanktionen auf deutsche multinationale Konzerne, die in Russland aktiv sind. Beispielsweise machten ausländische Tochtergesellschaften in Russland 4,8 % des Bruttoproduktionswerts (nach den letzten in der OECD-Datenbank „Activity of Multinational Enterprises“ zur Verfügung stehenden Daten von 2016) aus, wobei die OECD-Länder, die Sanktionen verhängt haben, die größten Investoren in dem Land darstellen (OECD, 2017^[17]). Die am meisten von den Sanktionen betroffenen multinationalen Konzerne sind jene in der Kraftfahrzeugbranche: Ein angenommener Wegfall der ausländischen Produktion in dieser Branche in Russland führt möglicherweise zu einem Absturz der Wertschöpfung in diesem Sektor um 62 %. Die Vereinigten Staaten (mit 22,4 %), Deutschland (mit 16,9 %) und Frankreich (mit 11,4 %) sind die Länder, deren multinationale Unternehmen in Russland die höchsten Beiträge zum Auslandsbruttoproduktionswert leisten.

9.2.3. Auswirkungen auf das WTI-System

Das Zusammenspiel der Verflechtungen der globalen Wertschöpfungskette Deutschlands mit dem Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem nimmt verschiedene Formen an:

- Zum einen verknüpft die Internationalisierung des deutschen Unternehmenssektors die für Innovation und Forschung zur Verfügung stehenden Ressourcen der Unternehmen innerhalb dieses Sektors mit der Handelsleistung der deutschen Wirtschaft im weiteren Sinne. Störungen oder eine gesunkene Nachfrage von außen wirken sich daher unmittelbar und in erheblichem Ausmaß auf die nationalen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor aus. Gleichzeitig kann eine gesunkene Nachfrage vor Ort durch Nachfrage von außen ausgeglichen werden. Die Beschaffenheit des Schocks bestimmt seine Auswirkungen.
- Zweitens wirkt sich die Bedeutung ausländischer Inputs für inländische innovative Branchen in folgender Weise aus: Störungen und Engpässe in den Lieferketten im weiteren Sinne können erhebliche Folgen für den inländischen Produktionswert haben, was in der Folge zu geringeren Erträgen führt. Die Auswirkungen von Störungen hängen jedoch von der Beschaffenheit des Schocks ab und davon, wie diversifiziert die Beschaffung der Inputs ist und in welchem Umfang die Produktion auf Inputs angewiesen ist. Im nächsten Abschnitt werden diese Fragen im Einzelnen erörtert.
- Drittens bedeutet die zentrale Rolle deutscher Unternehmen als Quelle von Inputs für viele Branchen weltweit, dass Veränderungen innerhalb dieser Branchen die deutsche Wirtschaft auf systemischer Ebene treffen und dass die deutsche Wirtschaft außerdem diese Veränderungen beeinflussen kann. Sämtliche dieser Aspekte wirken sich auf die Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik aus, da das WTI-System sowohl die aktuelle Nachfrage exportorientierter Sektoren stützen als auch dieselben Branchen bei der Anpassung an Veränderungen und Störungen unterstützen muss, insbesondere im Kontext der digitalen und ökologischen Transformation.

9.3. Internationale Verflechtungen, Resilienz und ökologische Transformation

In diesem Abschnitt wird eine Reihe von Problemstellungen bezüglich der hochindustrialisierten Beschaffenheit der deutschen Wirtschaft und der Folgen für die ökologische und digitale Transformation des Landes vorgestellt. Begonnen wird mit einem Überblick über einige der Herausforderungen, die sich aus

der Internationalisierung der deutschen Wirtschaft und der tiefgehenden Integration des Unternehmenssektors in globale Wertschöpfungsketten ergeben. Im Anschluss daran werden zwei miteinander verbundene Themen diskutiert. Zunächst werden, aufbauend auf der Betrachtung dieses Themas in Kapitel 11, die Herausforderungen erörtert, denen Deutschland sich bezüglich der Diversifizierung des Energiesektors und der Lieferanten stellen muss. Als zweites werden die damit zusammenhängenden Herausforderungen der Störungen und Resilienz in den Lieferketten erörtert. Dies baut auf der vorstehenden Betrachtung der Bedeutung globaler Wertschöpfungsketten für das produzierende Gewerbe Deutschlands auf und erweitert diese ausdrücklich um das Themenfeld der für die digitale und ökologische Transformation erforderlichen Inputs.

9.3.1. Bedeutung der Abhängigkeit von der Auslandsnachfrage für die Resilienz

Die große Abhängigkeit der inländischen Produktion und Investitionen von der Auslandsnachfrage bedeutet, dass sich exogene Kräfte und Trendentwicklungen, die die Märkte im Ausland beeinflussen, auf die deutsche Wirtschaft auswirken. Dies ist dort weniger der Fall, wo der Binnenmarkt der Hauptabnehmer des Produktionswerts ist. Die Abhängigkeit vom Exportmarkt kann eine Quelle von Stärke sein, je nach Beschaffenheit des Nachfrageschocks (welche Länder und welche Produkte betroffen sind). Während der weltweiten Finanzkrise der Jahre 2008 und 2009 stützte die Nachfrage von außen trotz weltweiter Finanzierungsengpässe die nationalen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor. Dies war zum Teil der wachsenden Nachfrage aus China geschuldet, die dafür sorgte, dass Deutschland sich schneller von der Krise erholte und in geringerem Umfang langfristige Schäden erlitt als viele andere OECD-Länder. Zwischen 2010 und 2020 entfielen auf China 53,9 % des Wachstums deutscher Exporte, die von 69 Mrd. USD im Jahr 2010 auf 106 Mrd. USD im Jahr 2020 anstiegen (OECD, o. J.^[18]).

Jetzt jedoch hat die Coronapandemie anschaulich vor Augen geführt, dass Exportorientierung nicht zu Resilienz führt, wenn die Investitionen in der Weltwirtschaft zum Erliegen kommen. Als im ersten Jahr der Coronapandemie Investitionen vorübergehend gestoppt wurden, brach die Nachfrage nach deutschen Investitionsgütern ein (OECD, 2020^[19]). Dies bedeutet, dass letztlich insbesondere kleinere Unternehmen bei einer Beeinträchtigung der Wirtschaft durch solche Schocks Unterstützung benötigen werden, da ihre Fähigkeit, in Innovationen zu investieren, in erheblichem Maße von inländischen Ressourcen abhängt und damit stärker von wirtschaftlichen Abschwüngen betroffen ist (Paunov, 2012^[20]). Infolgedessen wird während Konjunkturabschwüngen neben anderen Unterstützungsmaßnahmen für Innovationsaktivitäten in diesen kleineren Unternehmen die Einführung einer steuerlichen FuE-Förderung von Belang sein.

9.3.2. Energiesicherheit, Rohstoffabhängigkeit und erneuerbare Energien

Die russische Invasion in der Ukraine brachte die große Abhängigkeit Deutschlands von russischem Gas, Öl und russischer Kohle an den Tag: Ungefähr ein Drittel der Primärenergieversorgung stammt aus Russland – eine bedeutende Schwachstelle der deutschen Wirtschaft (IEA, 2020^[21]). Wie in vielen anderen EU-Ländern hat der Krieg auch in Deutschland die Bemühungen um eine Diversifizierung der Energieversorgung beschleunigt. Innerhalb kurzer Zeit sind als Folge der Sanktionen auf russisches Öl und Gas die Energiepreise in Deutschland gestiegen. Die weitere Preisentwicklung, und damit die Kosten der Anpassungen, hängen auch von den Reaktionen anderer Öl- und Gasproduzenten ab. Eine Folge ist bereits eine erhebliche Reduzierung des Anteils russischer Energieimporte: Der Importanteil russischen Öls ist Ende April 2022 von 35 % auf 12 % gesunken, während der Importanteil russischer Kohle im selben Zeitraum von 50 % auf 8 % gefallen ist (OECD, 2022^[22]). Der russische Anteil der Gaslieferungen nach Deutschland fiel bis Ende April 2022 von 55 % auf 35 % der Gesamtgasversorgung.

Zusätzlich zur Suche nach alternativen Quellen für die Energieversorgung hat die Bundesregierung betont, zur Erhöhung der Energiesicherheit die Entwicklung erneuerbarer Energien deutschlandweit stärker zu unterstützen. Im April brachte die Bundesregierung ein Gesetzespaket auf den Weg – einschließlich einer Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) –, mit dem die Entwicklung und der Einsatz

erneuerbarer Energien beschleunigt werden sollen und in dem ausdrücklich ein Zusammenhang mit der Energiesicherheit des Landes benannt wird. Mit den neuen Rechtsvorschriften werden die Anzahl der Auktionen für Windkraft und Solarenergie erhöht und regulatorische Hindernisse bei der Errichtung neuer Windräder aus dem Weg geräumt, um die Kapazitäten Deutschlands im Bereich der Windkraft und Solarenergie auszubauen. Die Vorhaben umfassen außerdem Anreize zur Ausweitung des Einsatzes von Solarpanels auf Wohnbaldächern, während neue Gewerbebauten zwingend mit Photovoltaikmodulen ausgestattet sein müssen (Curry, 2022^[23]). Die Umsetzung dieser Vorhaben sowie jener, die auf die Ausweitung der Nutzung von Brennstoffen aus Biomasse und Wasserstoff zur Ersetzung herkömmlicher Energiequellen abzielen, wird ein erhebliches Maß an Innovation und beträchtliche Zeit erfordern. Im Falle von Solarenergie und Windkraft sind viele der Technologien bereits allgemein verfügbar und können – teilweise aufgrund der langfristigen durch die Bundesregierung für diese Energieträger bereitgestellten Subventionen – im Wettbewerb mit fossilen Brennstoffen bestehen. Die Herausforderung bei der Ausweitung ihrer Nutzung liegt hauptsächlich in Investitions- und Lieferkettenschwierigkeiten, die nachstehend erörtert werden. Die für viele andere Energiequellen benötigten Technologien verharren in einem Frühstadium der technologischen Reife; das Thema wird ausführlicher in Kapitel 11 des vorliegenden Berichts erörtert. Die Fähigkeit der Bundesregierung, ihre ambitionierten Ziele im Bereich der erneuerbaren Energien und der Dekarbonisierung der Industrie zu erreichen, hängt zum großen Teil von der Fortschrittsgeschwindigkeit in Technologiebereichen ab, die nach wie vor weit von der Phase wirtschaftlicher Verwertbarkeit entfernt sind (IEA, 2019^[24]; IEA, 2021^[25]). Darüber hinaus ist zur Entwicklung dieser Technologien – insbesondere ohne angemessene Signale aus der Regierung oder vom Markt, dass sie schneller benötigt werden – ein erheblicher Zeitaufwand vonnöten, was auch von der IEA in ihrer Bewertung der technologischen Reife von Anwendungstechnologien wie solchen zur Dekarbonisierung der Zementbranche oder zur Entwicklung von Photovoltaik-Energiequellen angemerkt wurde (IEA, 2018^[26]; IEA, 2015^[27]). Wichtige Hebel für die Beschleunigung von Innovation in diesen Bereichen zur Erreichung des genannten Ziels sind Subventionen und Signale der Nachfrageseite, wie sie im EEG enthalten sind.

Eine weitere Herausforderung bei der Stärkung der für die ökologische Transformation benötigten Resilienz ist die konzentrierte weltweite Versorgung mit Primärgütern, die für erneuerbare Energien benötigt werden. Es handelt sich dabei etwa um seltene Erden, die in vielen technologischen Lösungen wie den für Windräder oder Elektrofahrzeugmotoren unerlässlichen Dauermagneten unverzichtbar sind, und um Kupfer, das in riesigen Mengen für die Erneuerung von Stromnetzen notwendig ist. Bei seltenen Erden handelt es sich um eine Familie von siebzehn Elementen, die neben Scandium und Yttrium die fünfzehn Elemente der Lanthanoide umfasst. Jeder dieser Rohstoffe kommt in unterschiedlichen Anwendungen zum Einsatz, für die umweltfreundliche Energieerzeugung sind aber die vier Elemente Neodym, Dysprosium, Praseodym und Terbium besonders bedeutsam. Seit Mitte der 90er Jahre hat sich China zu einem großen – und in einigen Fällen zum einzigen – Förderer dieser seltenen Erden entwickelt, woraus sich eine kaum diversifizierte Spanne an Lieferanten für diese entscheidenden Inputs für die ökologische Transformation ergeben hat (IEA, 2022^[28]). Der Anteil Chinas an der Produktion seltener Erden erreichte bis zum Jahr 2010 95%, sank aber wegen des zunehmenden Abbaus in den Vereinigten Staaten, Myanmar und Australien bis zum Jahr 2019 auf knapp über 60 % ab. Trotzdem tritt eine Konzentration der Verarbeitungsprozesse – wie Separation und Raffination – in China auf, das im Jahr 2019 weiterhin einen Anteil von mehr als 90 % am Weltmarkt verzeichnete. Im Jahr 2021 gab es außerhalb Chinas lediglich vier Verarbeitungsanlagen, wobei diese ausschließlich die leichten seltenen Erden verarbeiteten, während die schweren seltenen Erden (die seltener vorkommen, für die die Nachfrage häufig das Angebot übertrifft und die regelmäßig in sauberen Energietechnologien verwendet werden) weiterhin hauptsächlich durch China verarbeitet werden. Diese Abhängigkeiten können nur in begrenztem Maß durch Innovation angegangen werden – mit der etwa die derzeit großvolumige Nutzung dieser Rohstoffe reduziert würde – und sie unterstreichen die Bedeutung gemeinsam verfolgter strategischer Bemühungen zur weitestmöglichen Diversifizierung der Verarbeitungsressourcen, um die Energiesicherheit durch Innovation zu gewährleisten.

9.3.3. Lieferkettenresilienz bei Rohstoffen und entscheidenden Schlüsseltechnologien

Neben der Abhängigkeit der Lieferketten von Energie wird ihre Resilienz durch den Bedarf an Primärgütern, aber auch an einer Reihe von Vorprodukten auf die Probe gestellt. Die Coronapandemie hat wegen Lieferschwierigkeiten eine Reihe von Verwerfungen verursacht, wobei Lockdowns überall auf der Welt zu vorübergehenden Fabrik- und Minenschließungen und in der Folge zu Güterknappheit geführt haben. Erhebungen im deutschen Unternehmenssektor haben deutlich gemacht, dass die Störanfälligkeit von Lieferketten eine Hürde für Innovation und die Transformation der deutschen Wirtschaft im weiteren Sinne darstellt, wobei die durch die Coronapandemie verursachten Verwerfungen und der russische Einmarsch in die Ukraine im Jahr 2022 vor Augen führen, dass Unternehmen möglicherweise unvorhergesehene Hindernisse sowohl bei der Beschaffung entscheidender Komponenten als auch beim Export der von ihnen in bester Qualität hergestellten Komponenten überwinden müssen. Obwohl die Weltwirtschaft allmählich wieder hochfährt, haben die Industrie und das produzierende Gewerbe Deutschlands weiterhin mit Lieferkettenproblemen zu kämpfen. Im November 2021 meldeten 74,4 % der im Rahmen der monatlichen Erhebung des ifo Instituts befragten 9 000 Unternehmen Lieferengpässe und andere Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Vorprodukten und Rohstoffen (ifo Institut, 2021^[29]). Die Anzahl der befragten Unternehmen, die angab, unter Lieferkettenproblemen zu leiden, war in nahezu allen Branchen größer als in vorangegangenen Erhebungen, mit Ausnahme der Hersteller von elektrischer Ausrüstung – wobei hier die Verringerung bei einem bereits hohen Anteil von 90 % der befragten Unternehmen lediglich 5 Prozentpunkte betrug. Bei den Maschinenherstellern und bei Automobilunternehmen lauteten die Zahlen 86 % bzw. 88 %. Eine frühere, im April 2021 durchgeführte Erhebung ergab, dass 45 % der Unternehmen mit Lieferengpässen zu tun hatten, was den höchsten Wert seit 1991 darstellte und die im Oktober 2020 ermittelten 7,5 % erheblich übertraf (ifo Institut, 2021^[30]).

Während der Rolle von Innovation im Bereich der Primärgüter Grenzen gesetzt sind, gibt es strategische Fragen bezüglich der Fähigkeiten in entscheidenden Schlüsseltechnologien wie neuen Werkstoffen, Mikro- und Nanoelektronik (z. B. Halbleiter) und fortgeschrittenen digitalen Technologien (z. B. Künstliche Intelligenz). Zur Veranschaulichung dieser strategischen Problemstellungen dient folgendes Beispiel: Im Falle von Halbleitern konzentriert sich die Produktion weltweit auf eine kleine Anzahl von Unternehmen, doch betrifft die nachgelagerte Verwendung dieser Komponenten eine Vielzahl an Branchen, wodurch die Halbleiterbranche für viele Volkswirtschaften von strategischer Bedeutung ist. Im Allgemeinen ist die Herstellung von Halbleitern sehr komplex und die Eintrittsbarrieren sind hoch. Es gibt kein einziges Unternehmen, das sämtliche unterschiedlichen Arten von Halbleitern anbietet, die in nachgelagerten Produktionsprozessen verwendet werden (z. B. können sich die im autonomen Fahren eingesetzten Halbleiter von denen unterscheiden, die in der Unterhaltungselektronik zum Einsatz kommen).

Die Rolle der Halbleiter ist im Kontext der Digitalisierung von strategischer Bedeutung für Deutschland; hier wird der Anteil des Produktionswerts des produzierenden Gewerbes, der auf digitale Komponenten entfällt, zunehmend als ein die Wertschöpfung bestimmender Faktor wahrgenommen werden (wie in Kapitel 11 erörtert). Ohne die Fähigkeiten in einigen Teilbereichen ist unter Umständen in bestimmten Sektoren Innovation schwieriger zu erreichen. Dies umfasst Produkte wie integrierte Leitplatten – auf einem Halbleiter aufgebrachte elektronische Schaltungen. Im Zeitraum 2014–2019 stiegen die jährlichen deutschen Importe von monolithischen integrierten Schaltungen, die gewöhnlich bei der Herstellung elektronischer Ausrüstung eingesetzt werden, um 3000 % (von 0,5 Mrd. USD auf 14,5 Mrd. USD), wobei dieser Anstieg zu mehr als 50 % seinen Ursprung in den asiatischen Märkten hatte (OECD, o. J.^[18]). Eine ähnliche Dynamik ließ sich bei einer Reihe anderer Technologien feststellen. Die Importe von für die Datenverarbeitung genutzten Teilen nahmen im selben Zeitraum um 177 % zu (von 5 Mrd. USD auf 13,8 Mrd.); bei Datenspeichern betrug diese Zahl 128 % (von 4,6 Mrd. USD auf 10,5 Mrd. USD). In manchen Fällen sind diese Komponenten wesentliche Bestandteile der Produkte, in denen sie eingesetzt werden, beispielsweise Batterien für elektrische Autos. Entsprechend können Produktionskapazitäten in diesen Bereichen der entscheidende Faktor dafür sein, dass ein Unternehmen zu einem führenden Innovations-träger wird.

Die Auswirkungen der durch die Coronapandemie verursachten Störungen des Welthandels und der globalen Nachfrage auf die Herstellung von Halbleitern sind bezeichnend für die grundsätzlichen Herausforderungen, denen sich die deutsche Wirtschaft im Hinblick auf die Resilienz der Lieferketten gegenüber sieht. Die steigende Nachfrage nach Unterhaltungselektronik und die sich in letzter Zeit erholende Nachfrage nach Autos in Verbindung mit den steigenden Preisen für Inputs wie Mineralien und Energie haben dazu geführt, dass der Preis von Halbleitern seit Beginn der Pandemie dramatisch angestiegen ist. Auf diesen Preisanstieg haben die Volkswirtschaften unterschiedlich reagiert, was möglicherweise mit dem Umfang der jeweiligen inländischen Herstellungskapazitäten in diesem Bereich zusammenhängt. So ist beispielsweise bemerkenswert, dass der durchschnittliche Preis von integrierten Schaltungen für deutsche Importeure erheblich über die für die Vereinigten Staaten, Korea und China beobachteten anstieg (OECD, 2022^[16]). Selbst wenn Lieferketten weiterhin erhalten bleiben, hat die Pandemie gezeigt, dass die Kosten der Aufrechterhaltung dieser Lieferketten für die verschiedenen Volkswirtschaften unterschiedlich hoch sein können.

Die Bundesregierung ist sich der Notwendigkeit bewusst, die Kompetenzen in diesen Feldern auszubauen, und hat, wie in Kapitel 3 erörtert, in einer Vielfalt von Dokumenten die Strategie dafür dargelegt. Beispielsweise verfügt die Bundesregierung neben der Hightech-Strategie über zahlreiche technologiespezifische Strategiedokumente für Bereiche wie Künstliche Intelligenz, Batterien und Mikroelektronik, die alle die strategische Bedeutung dieser entscheidenden Schlüsseltechnologien für die deutsche Wirtschaft widerspiegeln. Um den mit der Etablierung von Kapazitäten für die Halbleiterforschung und -herstellung in Europa verbundenen hohen Kosten und Risiken entgegenzuwirken, beteiligen sich eine Reihe von EU-Ländern – darunter Deutschland – an laufenden wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI) zu Mikroelektronik (Breton, 2021^[31]).

Für die Entwicklung von Kompetenzen und Produktionskapazitäten in bestimmten entscheidenden Schlüsseltechnologien ist die internationale Zusammenarbeit ausschlaggebend (Edler et al., 2020^[32]). Am Beispiel der Beteiligung Deutschlands an wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse wie denen zur Entwicklung von Wasserstoff- und Elektrobatterietechnologien lässt sich das Bewusstsein der Bundesregierung über die Notwendigkeit eines strategischen Ansatzes für die Entwicklung innovativer Kompetenzen in den entscheidenden Schlüsseltechnologien der Zukunft ablesen. Einer der entscheidenden Vorteile dieser wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse besteht darin, dass sie möglichen Kollisionen mit EU-Regelungen zur staatlichen Beihilfe vorbeugen und damit gewissermaßen den Weg freimachen für rd. 8 Mrd. EUR an staatlichen Subventionen für Wasserstoffprojekte. Bis Ende 2021 hatte das BMWK 50 Projekte für eine mögliche Förderung ausgewählt, darunter Projekte zu Elektrolyseuren und Pipelines (Franke, 2021^[33]). Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr hat außerdem eine Reihe von Projekten zu Brennstoffzellen und Tankinfrastruktur ausgewählt. Endgültige Entscheidungen zur Förderung dieser Projekte werden im weiteren Verlauf des Jahres 2022 erwartet.

9.3.4. Ökologische Transformation und internationale Verflechtungen

Die in den vorstehenden Abschnitten überblicksartig dargestellte systemische Rolle der deutschen Wirtschaft in globalen Wertschöpfungsketten bringt es mit sich, dass das Land sich in einer einzigartigen Position befindet, die Dekarbonisierung des Handels auf globaler Ebene voranzutreiben. In Verbindung mit der Debatte um die Qualitätsinfrastruktur und um Normen können Veränderungen der Art, wie in Deutschland Innovationen eingeführt und Handel betrieben wird, Prozesse in vielen globalen Branchen an anderer Stelle gestalten, da der deutsche Produktionswert für diese von hoher Bedeutung ist. Wie zu Beginn dieses Kapitels in Empfehlung 10 dargelegt, kann Deutschland daher eine globale Führungsrolle einnehmen, um Themen von internationaler Bedeutung und mit Folgen internationalen Ausmaßes voranzubringen. Konkret kann die Bundesregierung durch das Vorantreiben der Dekarbonisierung der nationalen Industrie diesen Prozess mit international vereinbarten Zielen der Emissionsreduzierung verknüpfen. So kann sichergestellt werden, dass die in den Industrien der Entwicklungsländer als Inputs genutzten Investitionsgüter nicht an stark umweltbelastende Aktivitäten gebunden werden, sondern diesen

Volkswirtschaften eine Entwicklung ermöglichen, die den Ländern zum wirtschaftlichen Vorteil gereicht und die im Umweltschutzsinne nachhaltig ist.

Diese Führungsfragen, die über das mit ihnen zusammenhängende wirtschaftliche Wohlergehen hinausweisen, erstrecken sich auch auf Fragen der ethischen Beschaffung von Inputs – Fragen, die wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen werden, wenn die Unternehmen mehr Rohstoffe nachfragen, die in vielen Fällen aus Ländern mit nur geringen Aufsichtsstrukturen über Arbeits- und Geschäftsprozesse stammen. Angesichts der Verpflichtung zu verantwortungsvollem Geschäftshandeln und zur Aufrechterhaltung ethischer Standards gemäß entsprechender OECD-Richtlinien (OECD, 2019^[34]) schafft dies ein erhebliches Problem für Unternehmen bei ihrer Versorgung mit einer Reihe von kritischen mineralischen Rohstoffen. Zunehmend wurde das Augenmerk auch auf die verantwortungsvolle Beschaffung seltener Erden für entscheidende Technologien des deutschen produzierenden Gewerbes wie Batterien gerichtet. Entsprechende Orientierungshilfen sind im von der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission erstellten technischen Bericht über die nachhaltige Beschaffung von Rohstoffen für diese Technologie dargelegt (Mancini et al., 2021^[35]).

Literaturverzeichnis

- ACEA (2022), „Direct automotive manufacturing jobs in the EU, by country“, 1. April, European Automobile Manufacturers' Association, <https://www.acea.auto/figure/direct-automotive-manufacturing-jobs-in-the-eu-by-country/>. [7]
- Balcer, G. und G. Ietto-Gillies (2019), „Internationalisation, outsourcing and labour fragmentation: the case of FIAT“, *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 44/1, S. 105–128, <http://dx.doi.org/10.1093/cje/bez013>. [14]
- BMWK (2022), *Fakten zum deutschen Außenhandel*, BMWK, Berlin, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Aussenwirtschaft/fakten-zum-deutschen-aussenhandel-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=10. [3]
- Breton, T. (2021), „IPCEI on microelectronics – A major step for a more resilient EU chips supply chain“, Blogbeitrag, 20. Dezember, Europäische Kommission, Brüssel, https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/ipcei-microelectronics-major-step-more-resilient-eu-chips-supply-chain_en. [31]
- Chiappini, R. (2012), „Offshoring and Export Performance in the European Automotive Industry“, *Competition & Change*, Vol. 16/4, S. 323–342, <http://dx.doi.org/10.1179/1024529412z.00000000020>. [15]
- Crisuolo, C. und J. Timmis (2018), „GVCS and centrality: Mapping key hubs, spokes and the periphery“, *OECD Productivity Working Papers*, No. 12, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/d4a9bd6f-en>. [12]
- Curry, A. (2022), „How the Ukraine war is accelerating Germany's renewable energy transition“, *National Geographic*, 3. Mai, <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/how-the-ukraine-war-is-accelerating-germanys-renewable-energy-transition>. [23]
- Edler, J. et al. (2020), *Technologiesouveränität. Von der Forderung zum Konzept*, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/300301>. [32]

- Fana, M. und D. Villani (2021), „The Automotive Supply Chain in Europe: An Input-Output Analysis of Value Added and Employment Composition.“, *JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology*, No. 2021/1, Europäische Kommission, Sevilla, <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-02/jrc123473.pdf>. [13]
- Franke, A. (2021), „Germany shortlists 62 hydrogen projects with 2 GW capacity for IPCEI state aid“, *S&P Global Commodity Insights*, 28. Mai, <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/electric-power/052821-germany-shortlists-62-hydrogen-projects-with-2-gw-capacity-for-ipcei-state-aid>. [33]
- GTAI (o. J.), „The Automotive Industry in Germany“, Industry Overview, Germany Trade & Invest, Berlin, <http://www.gtai.de/resource/blob/64100/817a53ea3398a88b83173d5b800123f9/industry-overview-automotive-industry-en-data.pdf> (Abruf: 2021). [8]
- IEA (2022), *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, überarbeitete Fassung, März, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/f262b91c-en>. [28]
- IEA (2021), „ETP Clean Energy Technology Guide“, 4. November, IEA, Paris, <https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide>. [25]
- IEA (2020), *Germany 2020 Energy Policy Review*, Energy Policy Reviews, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/cedb9b0a-en>. [21]
- IEA (2019), *Innovation Gaps*, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/innovation-gaps>. [24]
- IEA (2018), *Low-Carbon Transition in the Cement Industry*, IEA Technology Roadmaps, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264300248-en>. [26]
- IEA (2015), *Solar Photovoltaic Energy*, IEA Technology Roadmaps, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238817-en>. [27]
- ifo Institut (2021), „Engpässe bei der Beschaffung könnten Aufschwung der Industrie bremsen“, Pressemitteilung, 3. Mai, Ifo Institut, München, <https://www.ifo.de/en/node/63076>. [30]
- ifo Institut (2021), *Materialmangel in der Industrie verstärkt*, Pressemitteilung, 29. November, Ifo Institut, München, <https://www.ifo.de/en/node/66594>. [29]
- Mancini, L. et al. (2021), *Responsible and sustainable sourcing of battery raw materials*, JRC Technical Report, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2760/562951>. [35]
- OECD (2022), *OECD Economic Outlook, Volume 2022 Issue 1*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/62d0ca31-en>. [22]
- OECD (2022), „Trade in Value Added: Germany“, OECD, Paris, https://www.oecd.org/sti/ind/CN2021_DEU.pdf. [6]
- OECD (2022), *Trade Policy Update*, OECD, Paris. [16]
- OECD (2021), „Global value chains: Efficiency and risks in the context of COVID-19“, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/67c75fdc-en>. [11]

- OECD (2021), *OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2021*, OECD Publishing, Paris, [10]
<http://dx.doi.org/10.1787/97a5bbfe-en>.
- OECD (2020), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, [19]
<http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>.
- OECD (2019), *OECD-Leitfaden für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten: Dritte Ausgabe*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/3d21faa0-de>. [34]
- OECD (2017), „AMNE Database – Activity of Multinational Enterprises“, 21. Juni, OECD, Paris, [17]
<https://www.oecd.org/fr/sti/ind/amne.htm>.
- OECD (2017), *OECD Skills Outlook 2017: Skills and Global Value Chains*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264273351-en>. [9]
- OECD (o. J.), „Country Profile: Germany“, Observatory of Economic Complexity, [18]
<https://oec.world/en/profile/country/deu>.
- OECD (o. J.), „Employment and Global Value Chains (GVCs) – Measuring the impact of foreign demand on domestic labour markets“, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/ind/trade-in-employment.htm>. [5]
- OECD (o. J.), „Trade in Employment (TiM) 2021 Ed.“, Datensatz, Indikator: „Share of domestic employment embodied in foreign final demand“, OECD, Paris, [4]
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TIM_2021.
- OECD (o. J.), *Trade in goods and services*, Indikator, OECD, Paris, [1]
<http://dx.doi.org/10.1787/0fe445d9-en> (Abruf: 10. Juni 2022).
- OECD (o. J.), „Trade in value added“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00648-en>. [2]
- Paunov, C. (2012), „The global crisis and firms’ investments in innovation“, *Research Policy*, Vol. 41/1, S. 24–35, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2011.07.007>. [20]

Anmerkungen

¹ Die Branchenbezeichnungen beziehen sich auf die International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) Revision 4.

² „Komplexität“ bezieht sich hier auf den vom Observatory of Economic Complexity verwendeten, von AJG Simoes und CA Hidalgo am MIT entwickelten „Economic Complexity Index“ (ECI). Der ECI ist eine Messgröße für die Leistungsstärke einer Volkswirtschaft. Diese Messgröße wird aus Daten abgeleitet, die Standorte mit den vorhandenen Aktivitäten verknüpfen. Auf intuitiver Ebene ermöglicht der ECI Einblicke in die Komplexität einer Volkswirtschaft, indem die Ausgereiftheit der von ihr gehandelten Produkte in den Blick genommen wird.

Teil V Business as usual? Innovation und die Transformation des deutschen Privatsektors

10 Der Innovationsbeitrag des Mittelstands zur digitalen Transformation

Der Mittelstand ist das Rückgrat der deutschen Wirtschaft und hat eine Schlüsselfunktion innerhalb des Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystems. Die „Hidden Champions“ unter den mittelständischen Unternehmen fördern und stützen die Innovation; was sie zu künftigen Innovationen beitragen können und sollten, ändert sich jedoch durch die Digitalisierung. Das folgende Kapitel bewertet den Innovationsbeitrag des Mittelstands und konzentriert sich dabei auf zwei Faktoren, die den Beitrag des Privatsektors in den kommenden Jahren beschränken könnten. Der erste betrifft den Digitalisierungsrückstand des Sektors. Der zweite Faktor ist die unzureichende Zahl von Unternehmensgründungen und der begrenzte Innovationsbeitrag neuer, potenziell disruptiver Unternehmen in Deutschland. Angesichts der zentralen Rolle, die Daten als immaterieller Vermögenswert für die Innovation im Unternehmenssektor spielen, enthält das Kapitel eine Empfehlung zur Verbesserung der IT-Infrastruktur und des Zugriffs auf Unternehmensdaten.

Einleitung

Der deutsche Unternehmenssektor – insbesondere der Mittelstand, der in Deutschland auch etwas größere Firmen umfassen kann – spielt eine wesentliche Rolle im deutschen wie auch im internationalen Innovationssystem. Angesichts seiner Größe und internationalen Ausrichtung kann er als Ausgangspunkt des industriellen Wandels im In- und Ausland fungieren, da der deutsche Privatsektor sowohl vor- als auch nachgelagerte Geschäftsabläufe in führenden Branchen des Verarbeitenden Gewerbes auch jenseits der Grenzen Deutschlands prägt.

Auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) entfallen in Deutschland 59 % der Gesamtbeschäftigung und 48 % der Wertschöpfung (OECD, 2021^[1]). Etliche der innovativsten Unternehmen des Landes sind im exportorientierten Verarbeitenden Gewerbe tätig und produzieren international konkurrenzfähige und häufig hochspezialisierte Güter (Gnath, McKeon und Petersen, 2018^[2]). Die Fähigkeit des deutschen Produktionsstandorts, diesen hohen Grad international wettbewerbsfähiger Produktion aufrechtzuerhalten, zeugt vom Bestand an hochinnovativen und hochspezialisierten Firmen innerhalb des Privatsektors. Die Innovation im Unternehmenssektor fördert und erhält damit die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit auf internationaler Ebene wie auch den sozioökonomischen Wohlstand auf nationaler Ebene, insbesondere durch die Sicherung von Arbeitsplätzen.

Die Erfolge der Vergangenheit bieten keine Garantie für künftige Wettbewerbsfähigkeit, und die Fähigkeit des deutschen Unternehmenssektors, als Motor des Wandels zu agieren, hängt davon ab, inwieweit sämtliche Akteure innerhalb des Innovationssystems – vom kleinsten Start-up bis hin zum Großkonzern – dazu in der Lage sind, die durch die nachhaltige und digitale Transformation entstehenden strukturellen Herausforderungen zu bewältigen. Wenn beispielsweise eine große, exportorientierte Maschinenbaufirma beabsichtigt, vermehrt digitale Technologie in ihre Produkte zu integrieren, so hängt der sozioökonomische Nutzen dieser Entscheidung für die deutsche Wirtschaft von der Fähigkeit der KMU und Dienstleister in ihren Wertschöpfungsketten und ihrem industriellen Ökosystem ab, sich anzupassen und entsprechende Vorleistungen zu erbringen.

Das vorliegende Kapitel konzentriert sich auf eine Reihe von Fragen betreffend den Innovationsbeitrag des deutschen Mittelstands. Im ersten Abschnitt wird eine Empfehlung zu Datenzugriff und -infrastruktur für den deutschen Privatsektor vorgestellt. Daten sind ein Schlüsselfaktor für die Innovation im Unternehmenssektor und die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit in exportorientierten Sektoren. Darauf folgen drei analytische Abschnitte. Der erste der drei Abschnitte befasst sich mit dem Beitrag des Mittelstands zur Innovation in Deutschland. Der zweite Abschnitt untersucht Bedeutung und Ausmaß der Digitalisierung im deutschen Privatsektor. Der dritte Abschnitt schließlich geht kurz auf Geschäftsdynamik und unternehmerische Initiative ein.

Empfehlung 4: Dateninfrastruktur und -zugang verbessern, vor allem in der Industrie

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Empfehlung 4 betont, dass Daten ein Schlüsselfaktor sind. Sie sind entscheidend für eine größere Agilität in der politischen Entscheidungsfindung und eine innovativere Anwendung des Vergaberechts sowie für die Datenverarbeitung auf Unternehmensebene zur Verbesserung von Forschung und Effizienz. Eine verbesserte Kohärenz und Interoperabilität der Dateninfrastruktur zugunsten eines digitalen Innovationschubs sollte prioritäres politisches Ziel des staatlichen Handelns im WTI-Bereich sein. Auch die wirkungsvolle Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu Innovationszwecken hängt von einer zugänglichen und gut konzipierten Dateninfrastruktur ab.

Mit Blick auf die Innovationskraft Deutschlands und den internationalen komparativen Vorteil des Landes sollte der strategische Einsatz von Unternehmensdaten für Innovationszwecke Priorität sowohl im öffentlichen als auch im Privatsektor genießen, insbesondere in innovationsintensiven Branchen wie der Automobilindustrie, im Maschinenbau sowie in der Chemie- und Pharmaindustrie. Dies erfordert Top-down-Ansätze und rahmenorientierte Ansätze, die durch politische Maßnahmen ergänzt werden, um die Anwendung von datenerzeugenden und datennutzenden Technologien auf Unternehmensebene zu verbessern. Offene Innovationsplattformen und Gemeinschaftsprojekte zur Verwertung solcher Daten sind zudem notwendig, dieses Potenzial zu erschließen.

E4.1 Die Regierung sollte ein Programm fördern, das darauf abzielt, die Dateninfrastruktur des Landes zu verbessern und die Aufnahmekapazität des öffentlichen und privaten Sektors im Bereich der Infrastruktur- und des Humankapitals zu erhöhen. Dieses Programm sollte einen klar umrissenen Auftrag enthalten und seinen Schwerpunkt eindeutig darauflegen, im Unternehmenssektor und in der Forschung erzeugte Daten zur WTI-Förderung zu nutzen. Das Programm wäre dafür zuständig, Engpässe in der weichen und harten Infrastruktur, die eine Verbesserung der Dateninfrastruktur und des Datenzugriffs behindern, abzubauen.

E4.2 Die Regierung sollte die vom Unternehmenssektor generierten Daten als strategische Dividende ansehen, mit der die Innovationstätigkeit und die Wettbewerbsfähigkeit des Landes gestärkt werden können. Da die zentrale Rolle von Daten für Innovation im Rahmen der Datenstrategie der Bundesregierung anerkannt wurde (BKAm, 2021^[3]), könnte Deutschland seine Position als größte Volkswirtschaft Europas nutzen, um sicherzustellen, dass hochwertige, interoperable und zugängliche Unternehmensdaten sich zu einer zusätzlichen Stärke des Innovationssystems und der Wirtschaft des Landes entwickeln. Im Hinblick auf die Infrastruktur sind die Programme GAIA-X und IPCEI-CIS (wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse), die beide auf eine Förderung von europäischen Cloud-Infrastrukturen und -Dienstleistungen abzielen, erste Schritte in diese Richtung. Das gilt in noch stärkerem Maß für die laufenden Bemühungen zur Digitalisierung der Wertschöpfungskette des Automobilsektors mithilfe von Initiativen wie beispielsweise der Plattform CATENA-X. Diese Initiativen sind zwar bedeutsam, müssen jedoch skaliert werden. Außerdem ist es erforderlich, ihren Anwendungsbereich auszuweiten und die Umsetzung zu beschleunigen. Eine industrieweite Strategie erfordert eine kohärente und systematische Herangehensweise zur effektiven Nutzung von Unternehmensdaten für Innovationszwecke. Sie sollte mit den Akteuren sowohl auf nationaler Ebene als auch länderübergreifend verfolgt werden.

E4.3 Um die datengesteuerte Innovation zu fördern, sollte die Bundesregierung Hemmnisse, die der Nutzung der von KMU erzeugten Daten entgegenstehen, abbauen und den Zugang von KMU zu sektorübergreifend erzeugten Daten ausbauen. Insbesondere sollte die Bundesregierung die Straffung der regulatorischen Unterschiede zwischen den Bundesländern unterstützen und Hilfestellung bei der Umsetzung der Datenschutz-Grundverordnung leisten. Sie sollte die Rechtssicherheit erhöhen und gegebenenfalls eine flexiblere Nutzung von Daten für innovative Verfahren fördern, indem sie die Unternehmen ermutigt, die erforderlichen immateriellen Investitionen vorzunehmen, die es ihnen ermöglichen, Daten für Innovationszwecke zu erzeugen, zu speichern und zu verarbeiten. Zugleich sollte die Bundesregierung die Dringlichkeit erkennen, Unternehmen mit geeigneter Konnektivitätsinfrastruktur auszustatten – das gilt für Breitband-Glasfaserkabel wie auch für 5G-Verbindungen, die für die enormen Datenvolumina der Industrie-4.0-Verfahren erforderlich sind –, um datengesteuerte Innovation und Produktion im Kontext des digitalen Wandels zu fördern.

E.4.4 Offene Innovationsplattformen und -ansätze fördern. Die Erzeugung von Daten ist eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Voraussetzung für Innovation. Um im digitalen Zeitalter erfolgreich zu sein, müssen Firmen Zugriff auf Daten haben und mit der erforderlichen Kenntnis und Technologiekompetenz ausgestattet sein, um diese Daten zu verarbeiten und zu

nutzen. Außerdem verfügen einige Firmen nicht über genügend eigene Kapazitäten, um die selbst erzeugten oder erzeugbaren Daten für die Wertschöpfung oder neue Erkenntnisse zu nutzen, während andere Unternehmen dazu in der Lage sind. Dies unterstreicht, wie wichtig es ist, einen offenen Innovationsansatz – den die Bundesregierung seit Einführung ihrer Datenstrategie 2021 verfolgt – zu unterstützen und Plattformen zu gründen, die weitere Innovationsakteur*innen in die Schaffung von Innovationen auf Grundlage von Unternehmens- und Industriedaten einbinden. Ein wichtiger Zusatznutzen derartiger offener Innovationsplattformen besteht darin, dass sie eine weitere firmenübergreifende Zusammenarbeit ermöglichen, also auch die Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten und Universitäten.

Zusätzliche Empfehlungen betreffend den Mittelstand

Eine Reihe von Empfehlungen in diesem Prüfbericht bezieht sich auf die Fähigkeit des Unternehmenssektors, den digitalen und ökologischen Wandel durch Innovationen zu unterstützen. Der folgende Kurzüberblick stellt ausgewählte, für den Unternehmenssektor besonders relevante Empfehlungen vor und bezeichnet die jeweilige Fundstelle innerhalb des Prüfberichts.

- Empfehlung 1 (Kapitel 14): **Eine gemeinsame Vision für Deutschland für 2030 und 2050 entwickeln.** Diese Empfehlung enthält Leitlinien zu der Frage, wie die Bundesregierung das Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (STI) gezielter ausrichten kann. Dies ist für den Unternehmenssektor von Belang, da Unternehmen – insbesondere kleinere Unternehmen – ihre Innovationsbemühungen nicht automatisch auf Tätigkeiten richten, die für die künftige Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit relevant sind. Eine längerfristige Vision für das STI-System und dessen Interaktion mit dem Privatsektor könnte dazu beitragen, einen sowohl nachhaltigen als auch inklusiven Wandel sicherzustellen.
- Empfehlung 2 (Kapitel 15): **Ein öffentlich-privates Labor für die Erprobung von Innovationspolitik einrichten.** Um den Erfolg des Privatsektors in der Transition zu gewährleisten, könnte größere Experimentierfreude aufseiten der politischen Entscheidungsträger*innen erforderlich sein. Das innovationspolitische Labor könnte als Plattform für die Erprobung und Skalierung neuer Handlungsansätze zur Unterstützung der Innovationstätigkeit von KMU in der Transition dienen und zugleich neue KMU an das WTI-System heranführen.
- Empfehlung 3 (Kapitel 6): **Agiler Politikinstrumente nutzen und systematisch berücksichtigen, um die Innovationsbemühungen der KMU zu unterstützen und die Transformationen zu verwirklichen.** Innovationen des Unternehmenssektors im Zuge der Nachhaltigkeitswende erfordern es, dass Firmen technologische Grenzen überschreiten und mit noch nicht bewährten und vollkommen neuartigen Lösungen experimentieren. Das bedeutet, dass die Politik möglicherweise agiler sein muss, um sicherzustellen, dass die Unternehmen über eine hinreichende regulatorische und politische Flexibilität verfügen, um neue Bereiche zu erschließen.
- Empfehlung 6 (Kapitel 7): **Finanzmärkte fördern, die ein Aufskalieren von bahnbrechenden Innovationen begünstigen.** Die herkömmlichen Finanzierungsquellen des Privatsektors sind für die Skalierung mancher vielversprechender und bahnbrechender Innovationen nur begrenzt wirksam. Diese Innovationen weisen häufig ein höheres Risiko auf, sodass Start-ups auf Quellen wie beispielsweise Risikokapitalgeber zurückgreifen, um ihre Ideen voranzubringen. Diese Empfehlung untersucht, wie Risikokapitalgeber und institutionelle Anleger in späteren Phasen eine größere Rolle bei der Skalierung vielversprechender deutscher Start-ups und innovativer Unternehmen spielen könnten.
- Empfehlung 7 (Kapitel 11): **Den Einsatz der öffentlichen Auftragsvergabe als Innovations-treiber stärken.** Eine innovativere Nutzung der öffentlichen Auftragsvergabe könnte den Unternehmen ein nachfrageseitiges Signal senden, dass Märkte für neue Technologien entstehen, die auf dem Papier möglicherweise noch nicht wirtschaftlich tragfähig sind.

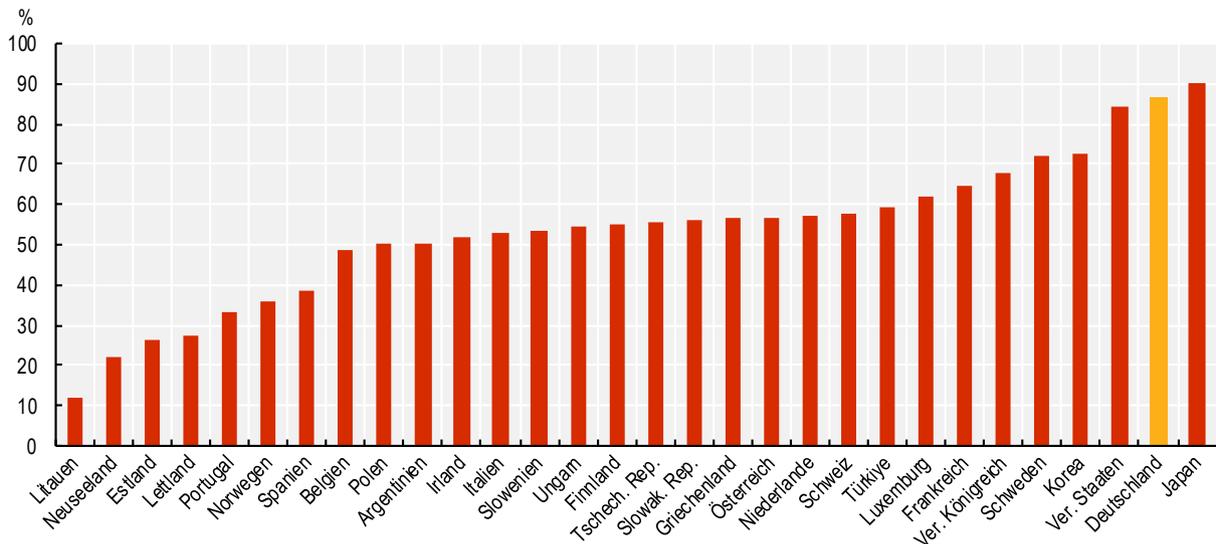
10.1. Die Rolle des Mittelstands für die Innovation im Unternehmenssektor

Die KMU sind das Rückgrat der deutschen Wirtschaft. In Deutschland haben 99 % der Unternehmen weniger als 500 Beschäftigte; unterhalb dieser Schwelle werden sie von den politischen Entscheidungsträger*innen als KMU beziehungsweise als Teil des Mittelstands eingestuft. In der OECD-Klassifizierung der Unternehmensgröße wurden die Unternehmen 2019 folgendermaßen eingestuft: 65 % der deutschen Unternehmen hatten weniger als 9 Mitarbeitende, was lediglich 4,5 % der Gesamtbeschäftigung im Unternehmenssektor entspricht; auf Firmen mit 10 bis 19 Mitarbeitenden entfielen 16 % des Unternehmenssektors und 5,7 % der Beschäftigung; Unternehmen mit 20 bis 49 Mitarbeitenden machten 9 % des Unternehmensbestands und 7,8 % der Beschäftigten aus, auf Firmen mit 50 bis 259 Mitarbeitenden entfielen 7,1 % des Unternehmensbestands und 19,5 % der Beschäftigung; Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitenden schließlich machten lediglich 2,1 % des Unternehmensbestands aus, jedoch 62,4 % der Gesamtbeschäftigung (OECD, o. J.^[4]). Die KMU sind in Deutschland im Schnitt doppelt so groß wie in den meisten anderen europäischen Ländern. Ihre Größe ist allerdings vergleichbar mit den Unternehmen in anderen großen Industrieländern wie Japan und den Vereinigten Staaten (OECD, 2021^[5]). Landesweite Unterschiede in der Wertschöpfung nach Unternehmensgröße sind ebenfalls erheblich und lassen die Konzentration einiger der produktivsten Wirtschaftstätigkeiten bei deutschen Großunternehmen erkennen. Während beispielsweise Kleinstunternehmen (weniger als zehn Mitarbeitende) 2018 im OECD-Raum rd. 27 % der Wertschöpfung im Unternehmenssektor ausmachten, lag der entsprechende Wert in Deutschland nur bei 15 %.

Trotz ihrer großen Zahl entfielen 2018, dem letzten Jahr, für das disaggregierte Daten zur Verfügung stehen, auf die deutschen KMU nur 8 % (7 Mrd. EUR) der Ausgaben des Unternehmenssektors für Forschung und Entwicklung (BERD). Dies war der relativ gesehen zweitniedrigste Anteil innerhalb des OECD-Raums, unterboten nur noch von Japan (5 %). Zugleich ist der BERD-Anteil der KMU in Deutschland seit 2009 gesunken, was einem vergleichbaren Trend in anderen großen Industrieländern wie beispielsweise den Vereinigten Staaten entspricht. Der abnehmende Anteil der KMU an den FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors ist jedoch im OECD-Raum nicht flächendeckend zu beobachten. In Frankreich, der am zweitstärksten industrialisierten Volkswirtschaft der Europäischen Union, ist der KMU-Anteil an den FuE-Ausgaben des Unternehmenssektors seit 2002 de facto von 14 % auf 27 % (11 Mrd. EUR) im Jahr 2018 gestiegen. Seit der weltweiten Finanzkrise von 2008–2009 hat sich der auf die Unternehmensgröße zurückzuführende Unterschied bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung erhöht, was vielleicht auf die asymmetrischen langfristigen Auswirkungen von angebotsseitigen Krisen auf die Forschungstätigkeit (Abbildung 10.1) zurückzuführen ist. Dem lässt sich nicht unbedingt entnehmen, dass die FuE-Ausgaben der KMU sich nicht erhöht haben – sie sind in der Tat zwischen 2005 und 2018 um 43 % angestiegen – wohl aber, dass der Anstieg von 53 % (im selben Zeitraum) bei den FuE-Ausgaben von Großunternehmen die Investitionslücke zwischen den Unternehmensgrößen noch ausgeweitet hat. Andere Belege sprechen ebenfalls für einen Abwärtstrend bei den innovationsorientierten Gesamtinvestitionen (d.h. BERD und sonstige Innovationsinvestitionen) einschließlich der Investitionen in immaterielle Werte, wie in Kapitel 3 erörtert.

Abbildung 10.1. BERD-Anteil von großen Unternehmen (mehr als 500 Mitarbeitende), 2019 oder neueste verfügbare Daten

In Prozent der BERD insgesamt



Quelle: OECD (o. J.^[6]), „Research and Development Statistics: Business enterprise R-D expenditure by size class and by source of funds – ISIC Rev 4“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/7ce7448d-en> (Abruf: 21. Mai 2022).

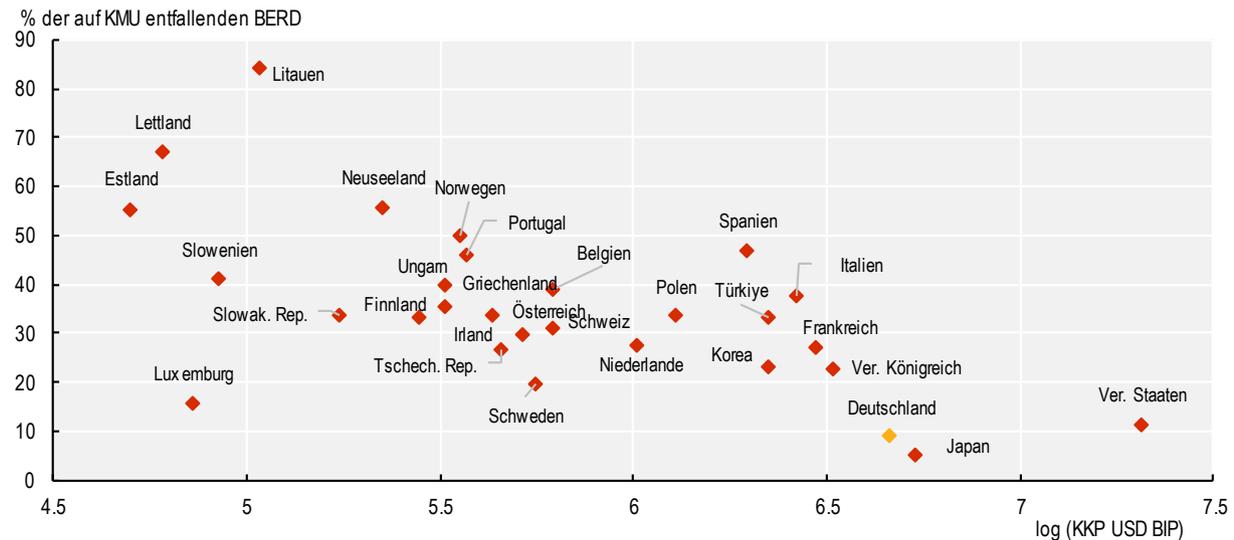
Die Innovationstätigkeit der KMU weicht in Deutschland insofern von anderen Ländern ab, als die „Hidden Champions“ – also Firmen, die bei der Herstellung hochspezialisierter Produkte häufig Weltmarktführer sind – eine besondere Rolle spielen. Deutschland kann eine unverhältnismäßig hohe Zahl solcher Firmen vorweisen: Schätzungen zufolge gibt es rd. 1 300 KMU, von denen die meisten ihren Standort in Bayern und Baden-Württemberg haben (BMWK, o. J.^[7]). Die Herausforderung bei der Leistungsbewertung dieser Firmen im Vergleich zu anderen KMU besteht in einem Mangel an Daten. Weder das Statistische Bundesamt (Destatis) noch privatwirtschaftliche Organisationen führen ein öffentlich verfügbares Register solcher Unternehmen, was politische Entscheidungsträger*innen und Wissenschaftler*innen daran hindert, deren Wirtschaftstätigkeit (einschließlich der Investitionen) mit anderen Firmen zu vergleichen. Eine eingehende Unternehmensumfrage zu den Hidden Champions könnte der Politik in Deutschland dabei helfen, diese einheimischen Wirtschaftserfolge zum Nutzen des gesamten Privatsektors einzusetzen.

Die FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor konzentrieren sich in Deutschland sehr stark bei den größeren Unternehmen, dies ist jedoch in vielen größeren Ländern der Fall. Abbildung 10.2 zeigt eine Korrelation zwischen der Größe eines Landes (BIP) und dem relativen Anteil der KMU an den gesamten Unternehmensausgaben für FuE. Je höher das BIP einer Volkswirtschaft ist, desto geringer ist der relative Anteil der dortigen KMU an den FuE-Ausgaben.

Die Konzentration bei den FuE-Ausgaben der Unternehmen hängt auch von der Branchenstruktur ab. Volkswirtschaften, in denen der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes höher ist, haben beispielsweise im Allgemeinen größere Unternehmen als diejenigen mit einem höheren Anteil von Dienstleistungen innerhalb ihrer Branchenstruktur. Dies ist einer der Gründe, weshalb Deutschland, Japan und die Vereinigten Staaten eine derart auffällige Konzentration von Großunternehmen aufweisen.

Abbildung 10.2. BERD-Anteil der KMU im Verhältnis zum BIP

2019 oder neueste verfügbare Daten



Anmerkung: Daten für die Vereinigten Staaten von 2018, für Frankreich für 2017; der Korrelationskoeffizient ist -0,63.

Quelle: OECD (o. J.^[8]), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 25. Mai 2022) und OECD (o. J.^[9]), „Research and Development Statistics: Business enterprise R-D expenditure by size class and by source of funds – ISIC Rev 3“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 25. Mai 2022).

10.2. Digitalisierung im Unternehmenssektor: den Mittelstand unterstützen

Der Beitrag des Privatsektors – insbesondere des Mittelstands – zur Innovation in den Bereichen Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit hängt von den Kompetenzen der Unternehmen in einer Reihe von Technologiefeldern sowie von ihrer Fähigkeit ab, Daten und digitale Technologien zu nutzen. So hängt beispielsweise die Innovationsfähigkeit der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe weitgehend davon ab, inwieweit sie Erkenntnisse aus den von Industrierobotern im Produktionsprozess generierten Daten gewinnen können. In gleicher Weise setzt die Nutzung von Industriedaten für neue, bahnbrechende Entwicklungen voraus, dass die Unternehmen sich die verfügbaren Kompetenzen aneignen – entweder unternehmensintern oder durch neue Formen des Wissenstransfers –, um neues Wissen und neue Erkenntnisse aus den betreffenden Daten abzuleiten. Außerdem muss das Personal geschult werden, um den darin liegenden Wert zu erkennen. Der folgende Unterabschnitt befasst sich schwerpunktmäßig mit den digitalen Kapazitäten des Mittelstands. In Kapitel 6 werden etliche der Fragen im Zusammenhang mit den digitalen Rahmenbedingungen behandelt.

Die Bundesregierung ist sich der Bedeutung des digitalen Wandels für die Innovation in Deutschland bewusst und hat eine Reihe von Programmen aufgelegt, um die Digitalisierung insbesondere von KMU zu unterstützen. Die Förderung erfolgt in unterschiedlicher Form, von der Direktfinanzierung bis hin zu Netzwerkorganisationen. Zu den jüngsten Beispielen derartiger Initiativen zählt das Programm „Go-Digital“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Es lief von 2017 bis 2021 und gewährte förderfähigen KMU Zuschüsse für Weiterbildungsmaßnahmen in den Bereichen digitalisierte Geschäftsprozesse, digitale Markterschließung und IT-Sicherheit. Hierzu zählen auch die Mittelstand-Digitalzentren, die KMU bei der Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) sowie bei Industrie-4.0-Anwendungen unterstützen.

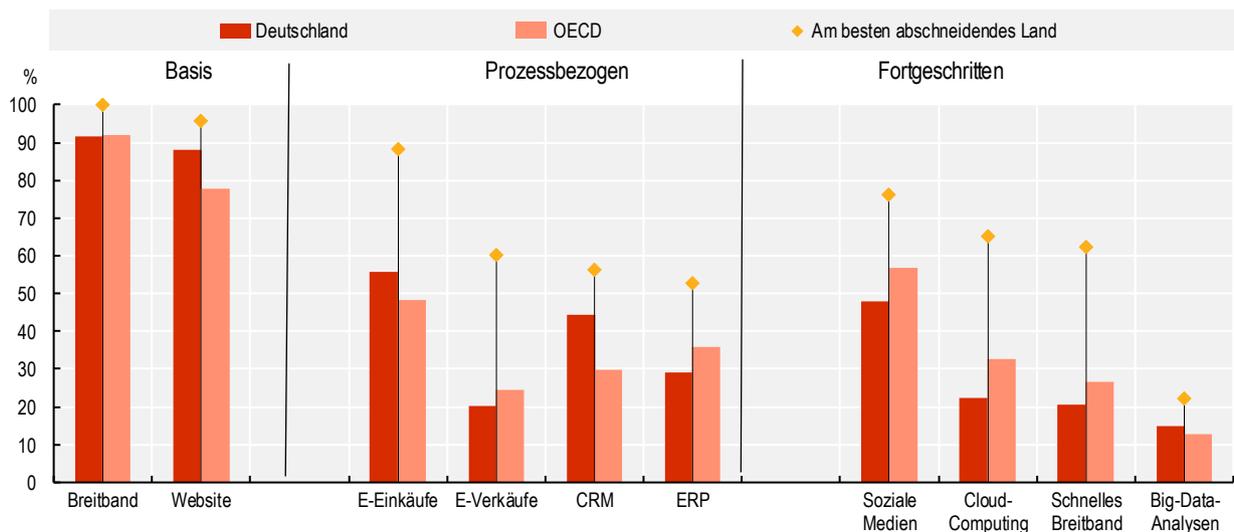
In früheren Jahren war die Digitalisierung keine notwendige Voraussetzung für den Innovationserfolg in Deutschland; dies ändert sich jedoch allmählich in einem Wirtschaftsumfeld, in dem Wertschöpfung und

Innovation sowohl im traditionellen Verarbeitenden Gewerbe der deutschen Wirtschaft als auch in den weniger stark vertretenen Dienstleistungsbereichen zunehmend datengesteuert sind. In gleicher Weise werden IKT-Instrumente vermehrt in Innovationen eingebettet, um Klimamanagement und nachhaltige Energieerzeugung und -nutzung zu unterstützen, was die Schnittstellen zwischen der digitalen und der ökologischen Transformation verdeutlicht.

Für eine umfassendere digitale Transformation der deutschen Wirtschaft müssen die Unternehmen neue fortschrittliche IKT-Tools und -Aktivitäten einführen. Hierzu zählen insbesondere solche, die es ihnen ermöglichen, große Datenmengen zu erheben, zu speichern, auszutauschen und zu verarbeiten. Je nach Unternehmensgröße besteht zudem ein großes Gefälle bei der IKT-Ausstattung. Im Bereich des Cloud-Computing beispielsweise liegen KMU in der entsprechenden Größeneinstufung signifikant unter dem OECD-Durchschnitt (-14 Prozentpunkte) (Abbildung 10.3) – was überrascht, wenn man bedenkt, dass kleinere und jüngere Firmen häufig die Hauptnutznießer dieser Dienstleistungen sind, da sie Kosteneffizienz und Flexibilität bei der Skalierung von digitalen Betriebsabläufen bieten (OECD, o. J.^[10]).

Abbildung 10.3. Deutsche Unternehmen liegen bei der Nutzung fortgeschrittener IKT-Tools und -Aktivitäten im Rückstand

In Prozent aller Unternehmen, 2019 oder letztes verfügbares Jahr



Anmerkung: Unternehmen mit mindestens 10 Beschäftigten, ohne Finanzbranche. ERP steht für Enterprise Resource Planning (Unternehmensressourcenplanung) und CRM für Customer Relationship Management (Kundenbeziehungsmanagement); schnelles Breitband bezeichnet Anschlüsse mit einer Übertragungsrage von 100+ Mbit/s.

Quelle: OECD (OECD, 2020^[11]), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/91973c69-en> basierend auf der OECD-Datenbank ICT Access and Usage by Businesses.

Wertschöpfung aus Daten zu generieren und Daten für Innovationen zu nutzen, wird in den kommenden Jahren für die deutsche Wirtschaft wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung sein. Dies erfordert im Kontext von Industrie 4.0 die Erhebung und Verarbeitung von gewaltigen Datenmengen, vordringlich aus dem Dienstleistungssektor und dem Verarbeitenden Gewerbe. Bezeichnenderweise nutzen nur 3 % der deutschen Unternehmen Daten, die aus eigenen Sensoren oder Geräten gewonnen wurden, für Big-Data-Analysen (Abbildung 10.4). Damit liegt Deutschland unter dem EU-Durchschnitt (4 %) und weit unterhalb der Werte in führenden Ländern wie beispielsweise den Niederlanden (10 %), Finnland (8 %) und Belgien (7 %) (OECD, 2020_[11]). Die neuesten Befunde deuten darauf hin, dass Daten aus der Geolokalisierung von Mobilgeräten und aus sozialen Medien – anders als beispielsweise Daten von Fertigungsrobotern – in Deutschland am häufigsten als Quellen für Big-Data-Analysen genutzt werden. Dies ist eine verpasste Gelegenheit, Mehrwert aus firmeninternen Daten zu schöpfen (Nolan, 2021_[12]). Die begrenzte Datennutzung – sei es aufgrund mangelnder Kompetenzen oder fehlender technischer Kapazitäten – verdeutlicht in vielerlei Hinsicht die wichtige Rolle eines dynamischen Ökosystems für Technologie-Start-ups, da kleinere Firmen häufig besser in der Lage sind, neue Erkenntnisse und Werte aus den Daten von Großunternehmen zu gewinnen als deren eigene Mitarbeitende (Nolan, 2021_[12]).

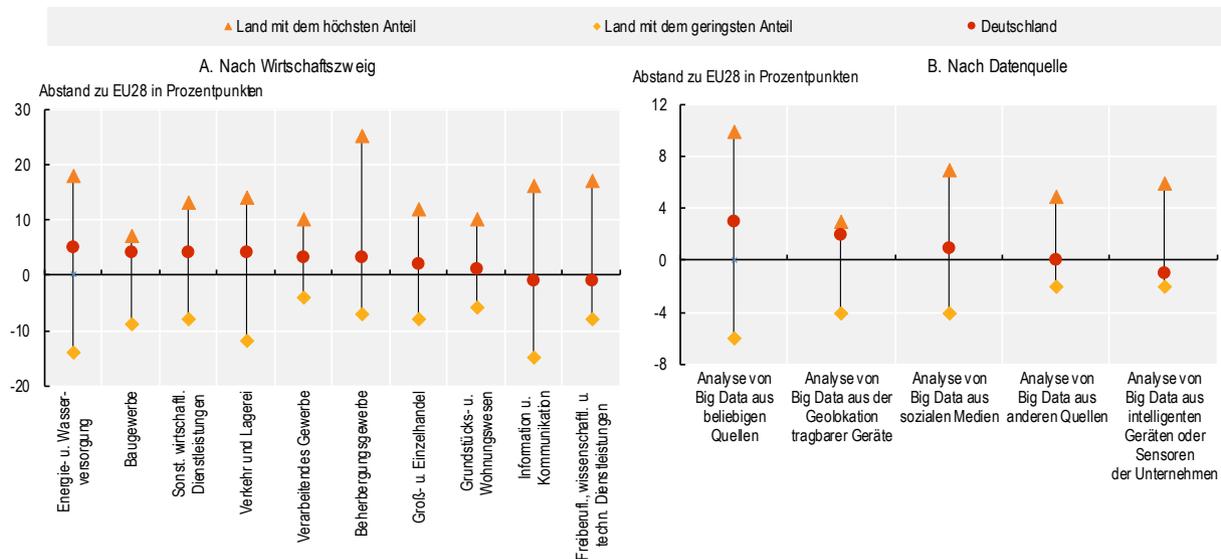
Die Covid-19-Pandemie hat die digitale Transformation von Unternehmen in Deutschland genauso wie in anderen entwickelten Volkswirtschaften beschleunigt. Einer neueren Erhebung unter 1 000 deutschen Unternehmen zufolge haben drei Viertel der Großunternehmen ihre Investitionsvorhaben für digitale Technologie infolge der Pandemie aufgestockt (Bitkom, 2021_[13]). Die Pandemie führt auch bei kleinen Unternehmen zu einer verstärkten Nutzung von IKT-Leistungen – insbesondere in Bezug auf E-Commerce und Cloud-Dienste. Angaben des Statistischen Bundesamtes (Destatis) zufolge hat etwa jedes dritte deutsche Unternehmen mit zehn oder mehr Mitarbeitenden im Jahr 2021 zahlungspflichtige IT-Dienstleistungen auf Cloud-Computing-Plattformen in Anspruch genommen, ein Anstieg um 11 Prozentpunkte im Vergleich zum Anteil von 22 % im Jahr 2018.

Je mehr Daten von Unternehmen erhoben werden, desto wichtiger werden künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen für die Wertschöpfung aus den gewonnenen Daten. Die Verbreitung und Nutzung dieser Technologien ist in Deutschland nach wie vor relativ gering, und obgleich deutsche Start-ups und Unternehmen auf den KI-Märkten eine immer wichtigere Rolle spielen, liegen sie hinter den Vereinigten Staaten und China, den beherrschenden Akteuren, zurück. Im Jahr 2020 entfielen mehr als 80 % der Risikokapitalinvestitionen auf KI-Start-ups in den Vereinigten Staaten und China. Der Anteil der EU lag bei lediglich 4 %, gefolgt vom Vereinigten Königreich und Israel mit jeweils 3 % (Tricot, 2021_[14]). Im Zeitraum zwischen 2012 und 2020 entfielen mehr als zwei Drittel der Risikokapitalinvestitionen in der EU auf Deutschland und Frankreich. Deutschland hat dennoch eine ambitionierte KI-Strategie vorgelegt. Die Herausforderung der nächsten Zukunft besteht darin zu gewährleisten, dass die Verbreitung und Nutzung neuer Technologien in den Unternehmen umfassender und im Einklang mit den politischen Zielsetzungen erfolgt. Kapitel 3 enthält weitere Angaben zur KI-Strategie der Bundesregierung.

Im Gegensatz zu der relativ langsamen IKT-Verbreitung und Datennutzung steht Deutschland bei der Automatisierung weltweit an der Spitze. Mit 371 Robotern je 10 000 Beschäftigten in der Industrie und im Verarbeitenden Gewerbe verzeichnet Deutschland die höchste Roboterdichte (Anzahl von Industrierobotern je 10 000 Beschäftigten) in Europa und den vierthöchsten Wert weltweit, übertroffen nur von Korea (932), Singapur (605) und Japan (390) (IFR, 2021_[15]). Im Jahr 2020 entfielen 33 % des europäischen Roboterabsatzes und 38 % des europäischen Roboterbestands auf Deutschland. In Deutschland belief sich die Zahl der unternehmenseigenen Robotereinheiten auf 221 500, im Vergleich zu 74 400 in Italien, 42 000 in Frankreich und 21 700 im Vereinigten Königreich (IFR, 2021_[15]). Der Internationale Robotikverband geht davon aus, dass die Nachfrage nach Robotern in Deutschland aufgrund des Bedarfs an kostengünstigen Robotern außerhalb des Verarbeitenden Gewerbes weiter steigen wird.

Abbildung 10.4. Daten aus Unternehmenssensoren und -geräten werden noch zu wenig für Big-Data-Analysen genutzt

Prozentualer Anteil der Unternehmen, die Big-Data-Analysen durchführen, Abstand zum EU28-Durchschnitt in Prozentpunkten, 2018 oder 2016



Anmerkung: EU28 bezieht sich auf die Europäische Union vor dem Austritt des Vereinigten Königreichs. Unternehmen mit mindestens 10 Beschäftigten, ohne Finanzbranche.

Quelle: (OECD, 2020^[11]), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>, basierend auf Eurostat, Datensatz über IKT-Nutzung in Unternehmen.

Die Digitalisierung bietet den KMU beträchtliche Chancen, ihre Produktivität zu steigern, sie birgt jedoch auch das Risiko in sich, das Gefälle zwischen den Unternehmen aufgrund von Schwierigkeiten bei der Finanzierung digitaler Investitionen und immaterieller Werte im weiteren Sinne noch zu vergrößern. Die Bundesregierung hat in den letzten Jahren Maßnahmen ergriffen, um dieses Gefälle zu verringern, beispielsweise durch Förderung des Technologietransfers über ein nationales Netzwerk von Anlaufstellen und Fachleuten (d. h. „Mittelstand-Digital“). Im Rahmen dieser Strategie bilden die „Mittelstand 4.0 Kompetenzzentren“ ein zentrales politisches Instrument, um KMU bei der Nutzung neuer Technologien zu unterstützen. Dieses neu geschaffene Netzwerk für den Technologietransfer bietet landesweit eine große Bandbreite von Unterstützungsleistungen einschließlich Beratung und Hilfestellung durch 1 000 Digitalisierungsexperten.

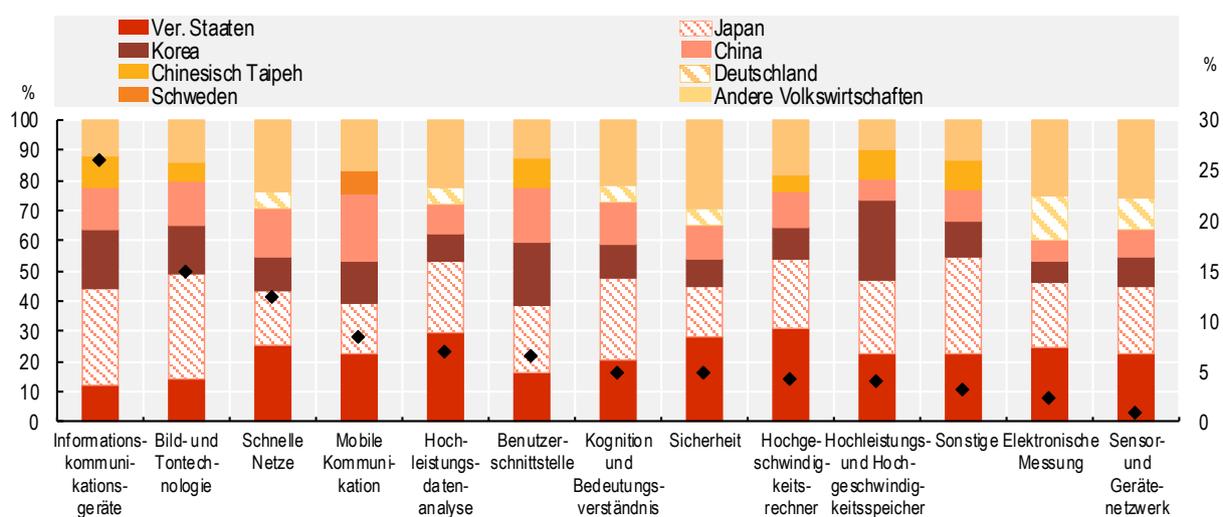
10.2.1. Leistung und Innovation des Unternehmenssektors mit Blick auf die digitale Transformation

Trotz der Bedeutung der Digital- und Kommunikationstechnologien für die deutsche Wirtschaft gibt es nur wenige deutsche Firmen, die bei der Anmeldung von IKT-relevanten Marken und Patenten führend sind. Im Europäischen Innovationsanzeiger für das Jahr 2021 gehören nur elf deutsche Unternehmen aus den Digitalbranchen (*Software und Computerdienste, Hardware und Ausrüstung, Mobile Telekommunikation*) zu den 2 500 weltweit innovativsten Unternehmen. (Europäische Kommission, 2021^[16]). Nur eines von ihnen – SAP – gehörte zu den 100 führenden Unternehmen Demgegenüber fanden sich unter den 2 500 innovativen Spitzenunternehmen weltweit in denselben Kategorien 126 chinesische Firmen und 267 Unternehmen aus den Vereinigten Staaten.

Die relativ geringe Präsenz deutscher Firmen unter den weltweit führenden IKT-Innovatoren zeigt sich auch in einer eingehenderen Aufschlüsselung des deutschen Anteils an IKT-bezogenen Patenten im Vergleich zu den vier anderen führenden Volkswirtschaften in diesen Bereichen (Abbildung 10.5). Informationstechnologien und Digitalisierung sind sehr heterogene Kategorien, die von der Kommunikations- und Konnektivitätstechnologie bis hin zu maschinellem Lernen und KI reichen. Weltweit gehört Deutschland in weniger als der Hälfte der in Abbildung 10.5 dargestellten IKT-bezogenen Patentkategorien zu den fünf Spitzenländern. Wie bereits in Kapitel 3 erörtert, ist die relativ schwache Leistung Deutschlands bei Innovationen im IKT-Bereich u. U. auch auf die geringe Verbreitung von IKT in deutschen Unternehmen und den Forschungsschwerpunkt der bestehenden Branchen zurückzuführen.

Abbildung 10.5. Deutschland ist bei IKT-bezogenen Patenten im Rückstand gegenüber den am besten abschneidenden Ländern

Anteil der fünf jeweils führenden Volkswirtschaften an den Patenten für IKT-bezogene Technologien, 2014–2017



Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf die IP5-Patentfamilien nach dem Datum der Erstanmeldung und dem Herkunftsland der Antragsteller (anteilige Zählung). Die IKT-Patente werden anhand der Liste der Internationalen Patentklassifizierung in Inaba und Squicciarini bestimmt (2017^[17]).

Quelle: Zitiert aus OECD (2020^[11]), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, <https://doi.org/10.1787/91973c69-en>, basierend auf der STI Micro-data Lab: Intellectual Property Database (September 2020), <http://oe.cd/ipstats>.

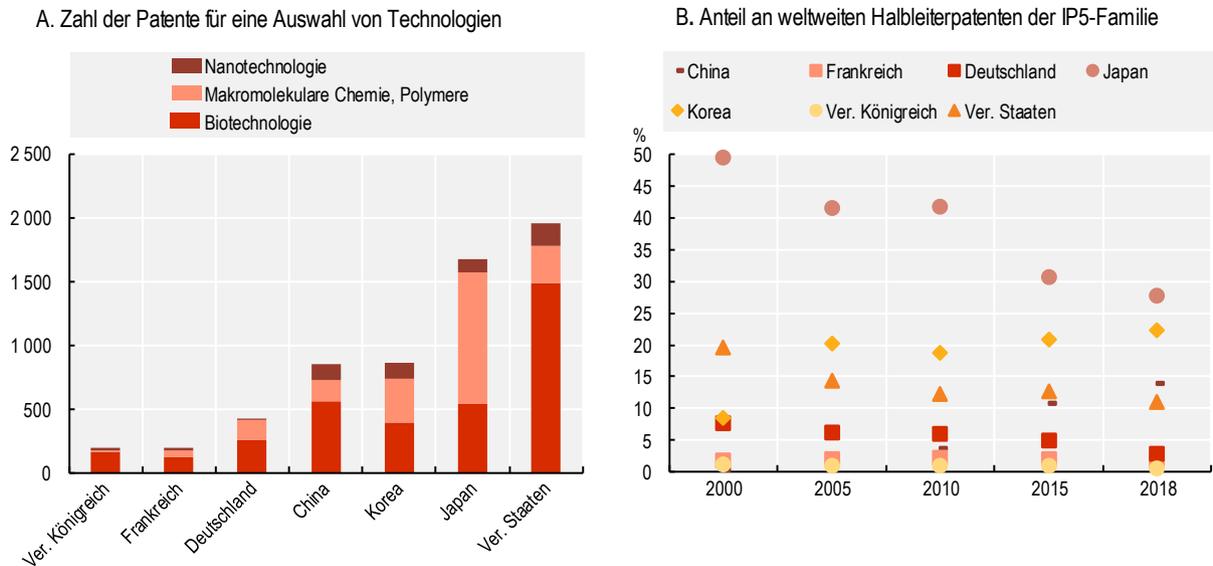
Deutschlands begrenzter Beitrag zur weltweiten Innovation im IKT-Bereich gilt sowohl für IKT allgemein als auch für fortgeschrittenere Technologien, einschließlich wichtiger Universaltechnologien wie beispielsweise KI. Im Jahr 2017 kamen aus Deutschland 146 KI-relevante IP5-Patentanmeldungen, gegenüber 1 065 aus den Vereinigten Staaten und 1 115 aus Japan. Gemessen an der Publikationsleistung (die häufig als Messgröße für Software- und IKT-Innovationen besser geeignet ist) waren im Zeitraum 2014–2016 nur 2 der 50 bei FuE im KI-Bereich führenden Unternehmen deutsche Firmen (Dernis et al., 2019^[18]). Das Patentvolumen hat zwar nur begrenzte Aussagekraft bei der Bewertung von KI-Innovationen, der Unterschied ist jedoch groß.

Deutschland ist auch mit der Herausforderung konfrontiert, den Innovationsoutput bei Schlüsseltechnologien wie beispielsweise Halbleitern und Nanotechnologie zu erhöhen. Mit fortschreitender Entwicklung der digitalen Komponente von Produkten erhöht sich auch der Anteil der für diese Anwendungen erforderlichen Hardware. Außerdem wird die Fähigkeit, diese Technologien zu konzipieren und zu entwickeln, für die Wertschöpfung immer wichtiger. Zugleich macht der Mangel an einheimischen Innovations- und Produktionskapazitäten in diesen Technologiebereichen die deutsche Wirtschaft anfällig

für Lieferkettenschocks, wie sich im Verlauf der Covid-19-Pandemie gezeigt hat. Die Beispiele Halbleiter und Nanotechnologie sprechen für sich: Nanotechnologien sind ein Schlüsselement für die Entwicklung von Halbleitern und Stärken im erstgenannten Bereich dürften entscheidend sein für die Kapazitäten im anderen Bereich. Aus Deutschland kamen 2017 jedoch nur 17 IP5-Patentanmeldungen für Nanotechnologie, weit entfernt von den Vereinigten Staaten (140) und Japan (112). Der deutsche Beitrag zu den Halbleiterpatenten war ähnlich gering. Im Zeitraum 2000–2018 gelang es nur China, seinen weltweiten Anteil in diesen Technologiebereichen deutlich zu erhöhen (Abbildung 10.6).

Abbildung 10.6. Forschung und Patente in ausgewählten fortgeschrittenen Technologien

IP5-Patentfamilien, Wohnsitzland der Erfinder*innen, Prioritätsdatum



Quelle: OECD (o. J.^[19]), „Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC)“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00508-en> (Abruf: 21. Mai 2022).

In der Praxis bedeutet dies, dass, anders als in der Vergangenheit, als deutsche Erfindungen weltweit erheblichen Einfluss auf die Fertigungs- und Industrieprozesse ausübten, deutsche Unternehmen künftig vermehrt auf Innovationen – und Normen über deren Einsatzmöglichkeiten – aus dem Ausland angewiesen sind.

10.3. Geschäftsdynamik, Unternehmergeist und Auswirkungen auf die Innovation

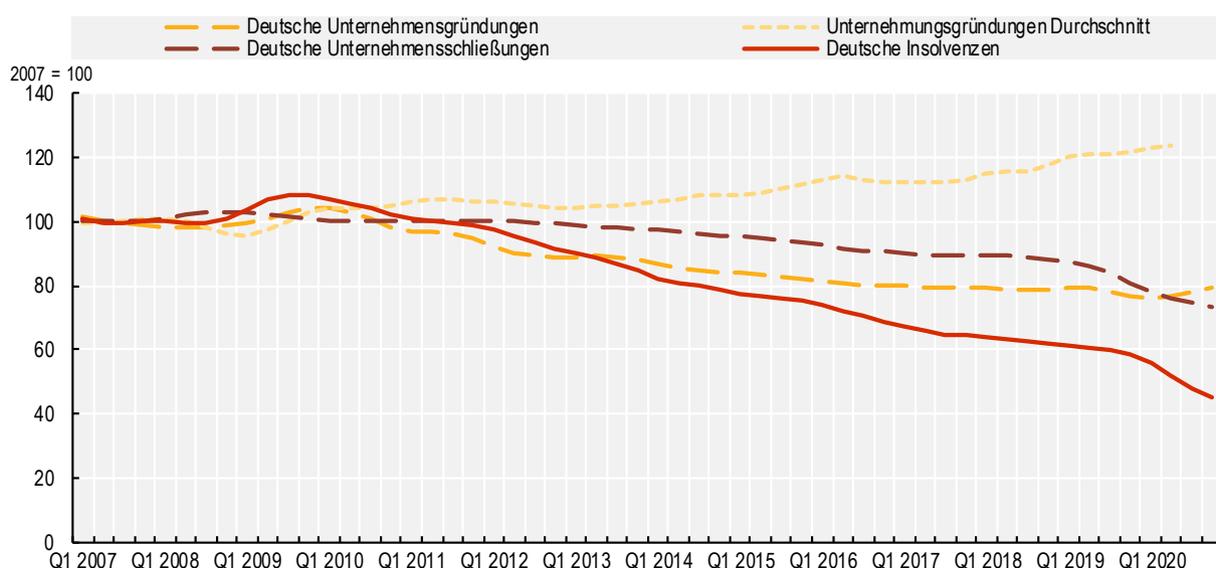
In Deutschland entstehen Innovationen – insbesondere inkrementelle Innovationen – im Allgemeinen innerhalb der etablierten Unternehmen, während Start-ups (und deren Gründung) nur eine relativ geringfügige Rolle spielen. Dies ist teilweise auf die Branchenzusammensetzung und die starke Ausrichtung der deutschen Wirtschaft auf Industrie und Verarbeitendes Gewerbe zurückzuführen. Die Herausforderung für Deutschlands traditionell innovative Sektoren besteht darin, dass bislang innovative deutsche Unternehmen mit einiger Wahrscheinlichkeit in geringerem Maße in der Lage sein werden, die Entwicklung zahlreicher technischer Schlüsselleistungen für künftige Innovation und Wettbewerbsfähigkeit intern zu erbringen. Im Zuge des nachhaltigen und digitalen Wandels können junge Firmen – seien es Ausgründungen aus dem Hochschulbereich für technologische Entwicklungen im Frühstadium, sei es ein disruptives Dienstleistungsunternehmen, das Marktannahmen infrage stellt – als Katalysatoren wirken und wichtige

Beiträge zu Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeitszielen leisten. Der folgende Abschnitt betrachtet die Wirtschaftsdynamik in Deutschland und knüpft damit an einige der in Kapitel 6 behandelten Fragen zu den Rahmenbedingungen für Innovation in Deutschland an.

Deutschland weist im Verhältnis zu anderen Ländern eine sehr geringe Quote von Marktaustritten und -zugängen auf (OECD, 2020^[11]). So ist beispielsweise sein Anteil von Start-ups im Unternehmenssektor (hier definiert als Firmen, die seit höchstens zwei Jahren aktiv sind) der viertniedrigste im OECD-Raum. Der geringere Anteil junger Firmen in der Unternehmenspopulation hat mehrere Auswirkungen auf die Innovationen und auf deren Vermarktung. Eine der dramatischsten Folgen resultiert aus den verpassten Gelegenheiten zur Skalierung von Ideen mit hohem Potenzial: Ein OECD-Bericht ergab, dass junge (nicht mehr als sechs Jahre alte) Firmen mit einer um das Zwei- bis Dreifache höheren Wahrscheinlichkeit skalieren als ältere Unternehmen vergleichbarer Größe (OECD, 2021^[5]). Dies hat deutliche Auswirkungen auf den Erfolg des deutschen Privatsektors in der Digitalisierung und der Nachhaltigkeitswende, da es dringend erforderlich ist, neue Ideen und Technologien auf den Markt zu bringen

Wie bei einer Reihe von OECD-Ländern sinken auch in Deutschland die Markteintrittsquoten seit mehreren Jahren (Abbildung 10.7). Die Besorgnis nimmt zu, dass es sich bei diesem „säkularen Rückgang“ der Unternehmensdynamik – Marktzutritt und -austritt von Unternehmen sowie die damit einhergehende Vernichtung und Verlagerung von Arbeitsplätzen – nicht um einen deutschen Einzelfall handelt, sondern dass er auch andere entwickelte Volkswirtschaften betrifft. In einer OECD-Studie zur Unternehmensdynamik kamen die Autor*innen zu dem Schluss, dass die Dynamik (in unterschiedlich deutlicher Ausprägung) in jedem einzelnen der untersuchten 18 Länder zurückging. Sie stellten fest, dass dieser Rückgang auf disaggregierter Sektorebene erfolgte und nicht durch eine sich verändernde Struktur der Volkswirtschaften (beispielsweise vom Verarbeitenden Gewerbe zu Dienstleistungen) oder durch die „Servitization“ des Verarbeitenden Gewerbes verursacht wurde (Calvino, Criscuolo und Verhac, 2020^[20]).¹ Sie stellten zudem fest, dass die Rückgänge getrennt von Konjunkturzyklen verliefen, insbesondere im Hinblick auf den Marktzutritt von Unternehmen (Rückgang um durchschnittlich 3 % im Zeitraum 2000–2015) und Verlagerung von Arbeitsplätzen (Rückgang um 5 %).

Abbildung 10.7. Nachlassende Geschäftsdynamik bereits vor der Krise



Anmerkung: Index auf der Basis von Daten zur Unternehmensdemografie (vgl. <http://www.oecd.org/sdd/46413155.pdf> wegen weiterer Informationen zur Methodik). „Markteintritt Durchschnitt“ umfasst Daten aus Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Island, Italien, Japan, den Niederlanden, Norwegen, Schweden und den Vereinigten Staaten.

Quelle: OECD (2020^[11]), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/93cb9ab8-de> basierend auf OECD (2020^[21]), „Geringe Unternehmensdynamik bereits lange vor der Corona-Krise“, <https://doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>.

Bemerkenswert ist, dass wachstumsstarke Unternehmen (insbesondere Start-ups) tendenziell überwiegend im Dienstleistungssektor angesiedelt sind, ein Bereich, der traditionell nicht im Fokus der deutschen WTI-Politik stand. Die Trends in der Unternehmensdynamik resultieren aus einer ganzen Reihe von Faktoren, darunter die Marktstruktur der Schlüsselsektoren, die Integration in globale Wertschöpfungsketten, demografische Faktoren (der sinkende Anteil der 30- bis 50-Jährigen, bei denen die Wahrscheinlichkeit, ein Unternehmen zu gründen, am größten ist), ein relativ hohes Lohn- und Gehaltsniveau und ein angespannter Arbeitsmarkt (OECD, 2020^[11]). Wirtschaftliche Rahmenbedingungen wie beispielsweise Regulierungsaufwand, Bürokratie, die Effizienz von Insolvenzverfahren, der Zugang zu Kapital, sowie die Stärke des Innovationssystems und der Kompetenzen beeinflussen die Unternehmensdynamik ebenfalls.

Hinter diesen makroökonomischen Daten über den Marktzutritt von Unternehmen verbergen sich erhebliche Nuancen. So sind beispielsweise nicht alle Start-ups zwangsläufig innovativ und einige sind innovativer als andere. Diese Daten lassen beispielsweise nicht erkennen, wie hoch der Anteil von Hochschulausgründungen ausfällt und inwieweit diese von langfristigen Trends oder den jüngsten Krisen betroffen (oder nicht betroffen) sind. Diese Daten sind weitgehend nicht vorhanden. Eine OECD-Analyse wachstumsstarker Start-ups auf der Grundlage von Crunchbase-Daten ergab, dass der Anteil deutscher Start-up-Gründer*innen, die innerhalb von vier Jahren nach ihrem ersten Hochschulabschluss ein Unternehmen gründeten, in etwa dem Durchschnitt der untersuchten 13 Länder entsprach (Breschi, Lassébie und Menon, 2018^[22]). Ein etwas anderes Bild zeigt sich bei den promovierten Gründer*innen: Hier liegt Deutschland auf Platz 3 unter den untersuchten Ländern. Die genannten Zahlen sind interessant, sagen jedoch wenig aus über die allgemeinen Trends und Antriebsfaktoren von Hochschulausgründungen oder hochinnovativen Start-ups in Deutschland, und sie geben auch keinen Hinweis darauf, wie der Strukturwandel der deutschen Wirtschaft diese Trends beeinflussen wird.

Literaturverzeichnis

- Bitkom (2021), „Datenschutz setzt Unternehmen unter Dauerdruck“, Presseinformation, 15. September, Bitkom e. V., Berlin, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Datenschutz-setzt-Unternehmen-unter-Dauerdruck>. [13]
- BKAmt (Hrsg.) (2021), *Datenstrategie der Bundesregierung: Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum*, Bundeskanzleramt, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/1845634/f073096a398e59573c7526feaadd43c4/datenstrategie-der-bundesregierung-download-bpa-data.pdf?download=1>. [23]
- BKAmt (Hrsg.) (2021), *Datenstrategie der Bundesregierung: Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum*, Bundeskanzleramt, Berlin, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/1845634/f073096a398e59573c7526feaadd43>. [3]
- BMWK (o. J.), „Exportinitiativen: Auf in neue Märkte!“, BMWK, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/exportinitiativen.html>. [7]
- Breschi, A., J. Lassébie und C. Menon (2018), „A portrait of innovative start-ups across countries“, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2018/02, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/f9ff02f4-en>. [22]
- Calvino, F., C. Criscuolo und R. Verlhac (2020), „Declining business dynamism: Structural and policy determinants“, *OECD Science, Technology and Innovation Policy Papers*, No. 94, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/77b92072-en>. [20]
- Dernis, H. et al. (2019), *World Corporate Top R&D investors: Shaping the Future of Technologies and of AI*, gemeinsamer Bericht des JRC und der OECD, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2760/16575>. [18]
- Europäische Kommission (2021), „The 2021 EU Industrial R&D Investment Scoreboard“, Europäische Kommission, Brüssel, <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2021-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>. [16]
- Gnath, K., M. McKeon und T. Petersen (2018), „Germany’s Current Account and Trade Surpluses – A Technical Debate Enters the Geopolitical Limelight“, GED Study, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, <http://aei.pitt.edu/id/eprint/102581>. [2]
- IFR (2021), „Robot Density nearly Doubled globally“, Pressemeldung, 14. Dezember, International Federation of Robotics, Frankfurt a. M., <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-nearly-doubled-globally>. [15]
- Inaba, T. und M. Squicciarini (2017), „ICT: A new taxonomy based on the international patent classification“, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2017/01, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/ab16c396-en>. [17]
- Nolan, A. (2021), „Artificial intelligence, its diffusion and uses in manufacturing“, *OECD Going Digital Toolkit Policy Note*, No. 12, OECD, Paris, http://goingdigital.oecd.org/data/notes/No12_ToolkitNote_AI&Manufacturing.pdf. [12]

- OECD (2021), „Country Profiles“, in *OECD SME and Entrepreneurship Outlooks*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1fd332c9-en>. [1]
- OECD (2021), *Recommendation of the Council on Enhancing Access to and Sharing of Data*, OECD, Paris, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0463>. [24]
- OECD (2021), *Understanding Firm Growth: Helping SMEs Scale Up*, OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/fc60b04c-en>. [5]
- OECD (2020), „Geringe Unternehmensdynamik bereits lange vor der Corona-Krise“, in *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, Abbildung 2.15, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>. [21]
- OECD (2020), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>. [11]
- OECD (o. J.), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00182-en>. [8]
- 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>. [19]
- OECD (o. J.), „Research and Development Statistics: Business enterprise R-D expenditure by size class and by source of funds – ISIC Rev 3“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00186-en>. [9]
- OECD (o. J.), „Research and Development Statistics: Business enterprise R-D expenditure by size class and by source of funds – ISIC Rev 4“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/7ce7448d-en>. [6]
- OECD (o. J.), „Share of businesses purchasing cloud services“, *OECD Going Digital Toolkit*, OECD, Paris, <https://goingdigital.oecd.org/indicator/25>. [10]
- OECD (o. J.), „Structural business statistics ISIC Rev. 4“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/8e34f7e7-en>. [4]
- Tricot, R. (2021), „Venture capital investments in artificial intelligence: Analysing trends in VC in AI companies from 2012 through 2020“, *OECD Digital Economy Papers*, No. 319, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/f97beae7-en>. [14]

Anmerkungen

¹ In der Studie wurden 18 Länder untersucht: Belgien, Brasilien, Costa Rica, Dänemark, Finnland, Frankreich, Italien, Japan, Kanada, Neuseeland, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Spanien, Türkei und Ungarn.

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 CO₂-Neutralität („Netto Null“) zu erreichen, d. h. CO₂-Emissionen auszugleichen, – durch Entzug von CO₂ aus der Atmosphäre oder Kompensationsmaßnahmen – oder zu reduzieren (Bundesregierung, 2021^[1]). Nach den Bundestagswahlen im Herbst 2021 bekräftigte die neue Regierung (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, 2021^[2]) 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, CO₂-Neutralität bis zum Jahr 2050 zu erreichen, die Kapazitäten ausgereifter Technologien und zwingt daher zu einer beschleunigten technologischen Entwicklung und Innovation (IEA, 2020^[3]). 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 CO₂-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^[4]). 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^[5]). 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^[6]).

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.¹ 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.^[7]). 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.²

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 (Milot, 2009^[8]). 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^[9]). 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), CO₂-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.

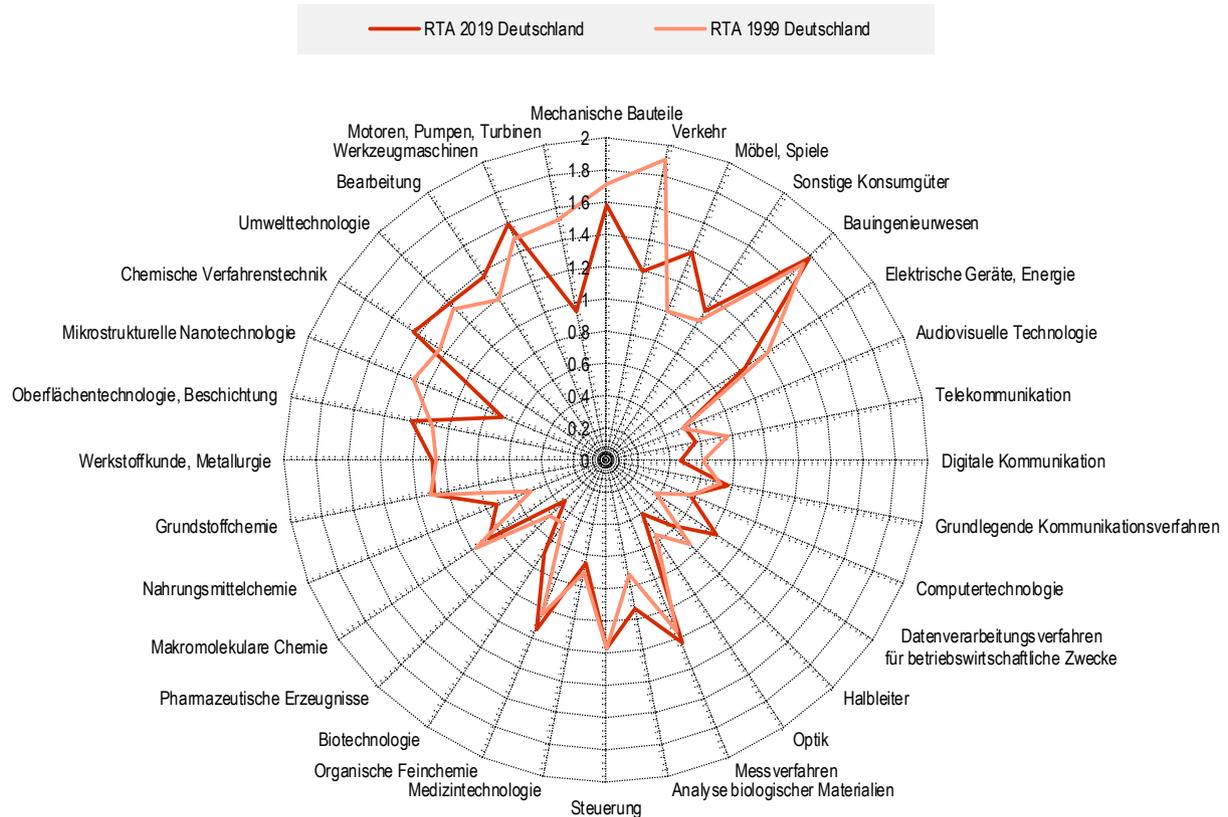
Das Y02-Indizierungsschema für „Technologien oder Anwendungen für Klimaschutz und -anpassung“ umfasst die folgenden Kategorien:

- 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.³ 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



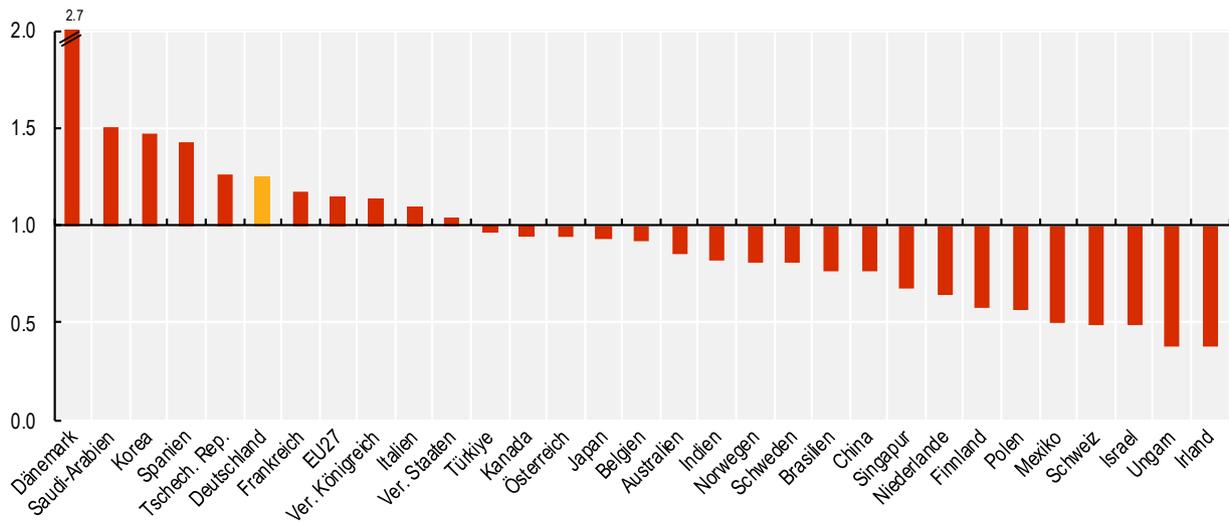
Quelle: OECD-Patentindikatoren. Der RTA-Index wird anhand der Zahl der Patentanmeldungen beim EPA auf Basis des Anmeldejahrs und des Landes der Einreichung (anteilige Zählung) berechnet; dabei wird der Patentanteil jeder Volkswirtschaft in einer Technologie durch den globalen Patentanteil in derselben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

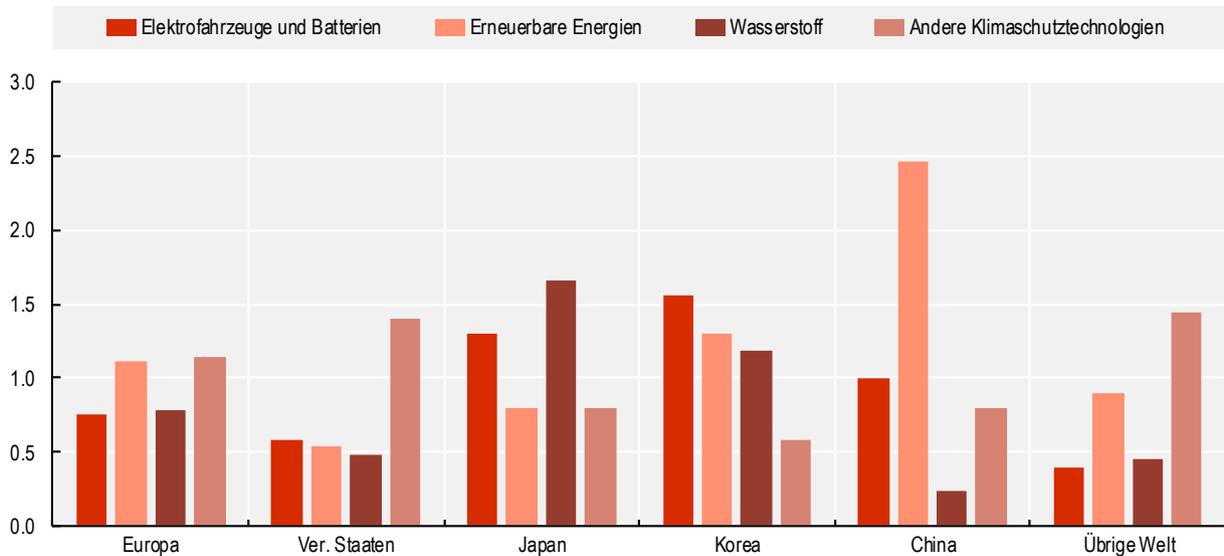


Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf Volkswirtschaften, in denen im Zeitraum 2016–2018 mindestens 250 patentierte Erfindungen der weltweit führenden FuE-Investoren verzeichnet wurden. Der Revealed Technology Advantage wird in *World Corporate Top R&D Investors: Paving the way for climate neutrality*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

Quelle: Amoroso et al. (2021_[10]).

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_[10]).

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).

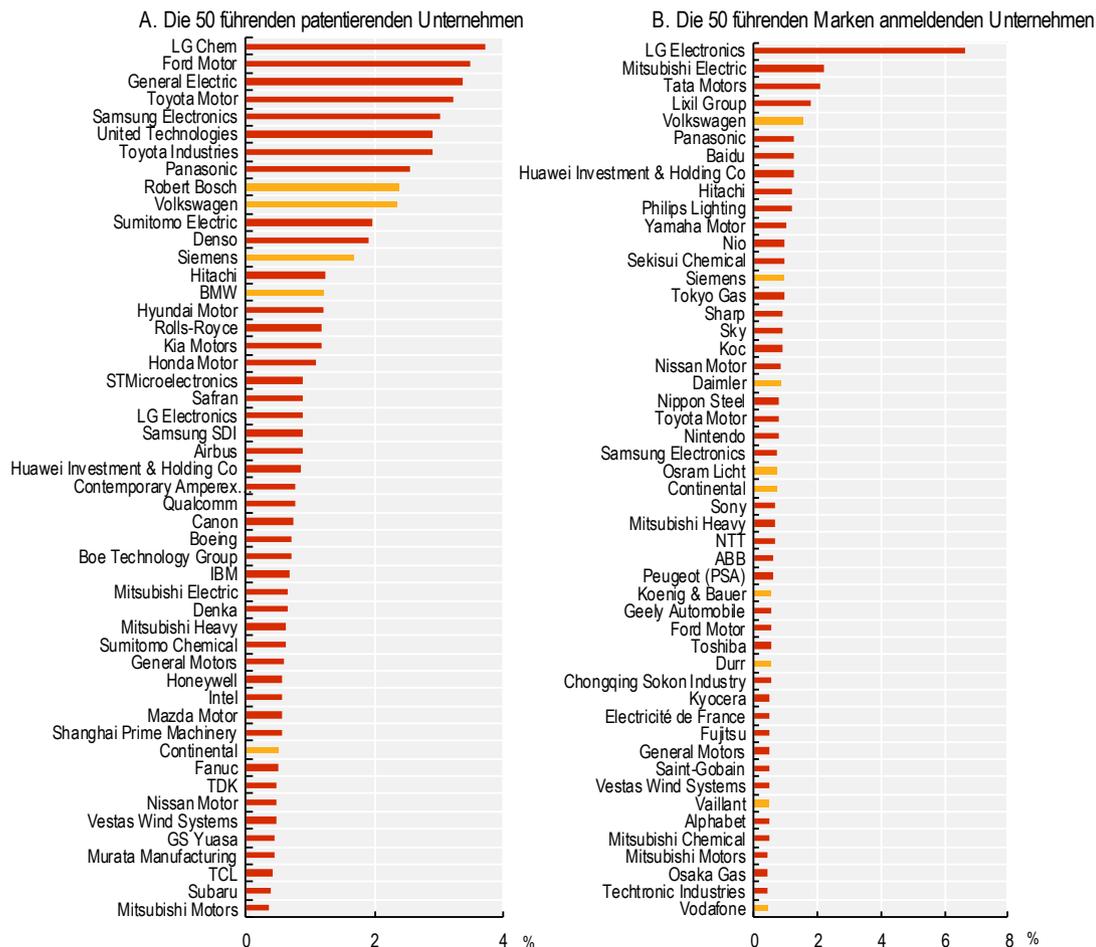
11.1.3. Benchmarking der Innovationskapazitäten und -leistung zur Förderung der Nachhaltigkeit

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^[10]).

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



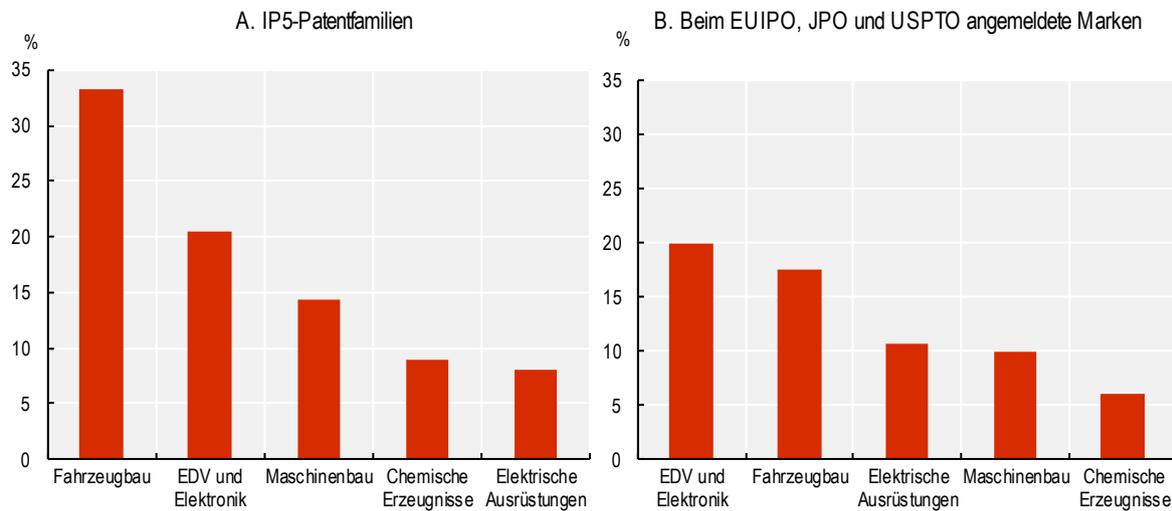
Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf den Anteil der diesen Unternehmen in Bezug auf Klimaschutz und -anpassung erteilten Patente (bzw. Marken) an der Gesamtzahl der den führenden 2 000 Unternehmen in diesem Bereich im Zeitraum 2016–2018 erteilten Patente. Die gelben Balken verweisen auf deutsche Unternehmen.

Quelle: Amoroso et al. (2021)^[10].

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.

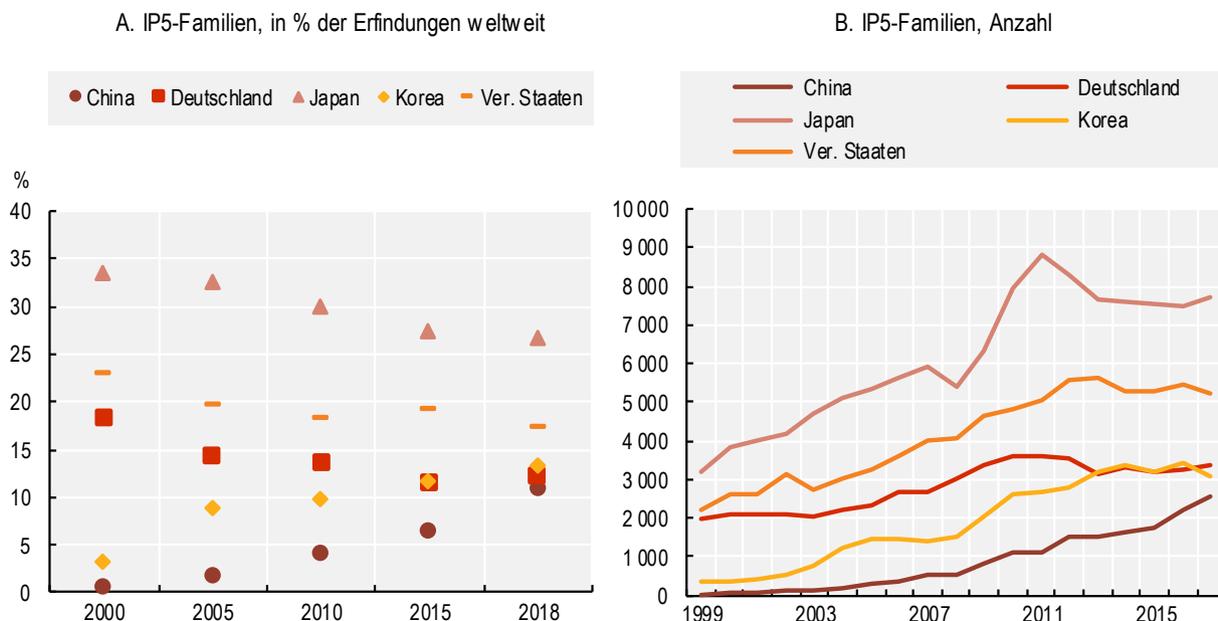


Anmerkung: EUIPO: Amt der Europäischen Union für geistiges Eigentum; JPO: japanisches Patentamt; USPTO: Patent- und Markenamt der Vereinigten Staaten.

Quelle: Amoroso et al. (2021_[10]).

Abbildung 11.6. Patentierung von Umwelttechnologien, 2000–2018

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



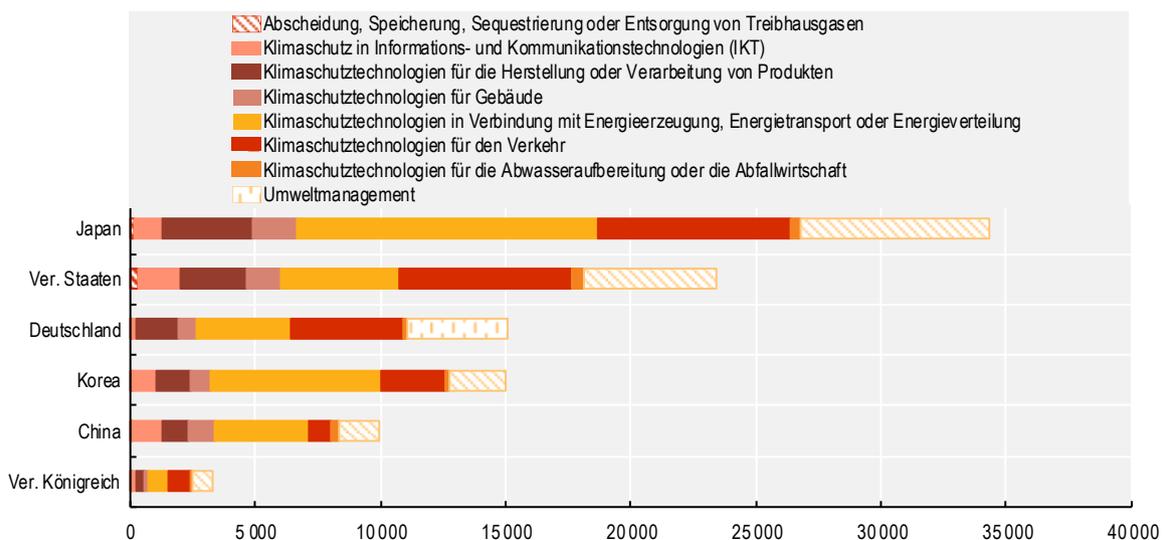
Anmerkung: IPC - International Patent Classification (WIPO). Umwelttechnologie bezieht sich auf die relevante WIPO-Technologieklassifikation.
 Quelle: OECD (o. J._[11]) „Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC)“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00508-en> (Abruf: 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.^[12]). 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.^[11]), „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 CO₂-Emissionen in Deutschland; allein das Land Baden-Württemberg, einer der wichtigsten Standorte der Automobilindustrie des Landes, ist für 0,3 % der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich. Das Beispiel der Niederlande, ein Land, das durchaus ambitioniert und in vielerlei Hinsicht erfolgreich ist, zeigt die Schwierigkeit, CO₂-Neutralität zu erreichen und zugleich die Wettbewerbsfähigkeit zu bewahren. Das gilt insbesondere für die energieintensiven Branchen (d. h. schadensbegrenzende nachfrageseitige politische Maßnahmen wie beispielsweise CO₂-Steuern als Anreiz zur industriellen Dekarbonisierung bei paralleler Subventionierung der betreffenden Industriezweige) (OECD, 2021^[13]). 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 CO₂-Emissionen (Paunov und Planes-Satorra, 2019^[14]). 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 CO₂-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 CO₂-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^[15]).

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.⁴ 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^[16]). Dies führt zu einer Abhängigkeit Deutschlands und Europas von asiatischen Herstellern und verringert die Chancen, die CO₂-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_[17]) 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_[17]). 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_[17]). 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_[16]).

11.3. Technologische Marktreife von Lösungen für die industrielle Nachhaltigkeit

Die Dekarbonisierung der Industrie ist ein wichtiger Aspekt der deutschen Bemühungen in Richtung CO₂-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_[3]). 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^[3]). 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 CO₂-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 CO₂-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, CO₂-Infrastruktur und Industrie. Bezeichnenderweise wird Deutschland nur bei drei Technologien als „Schlüsselland“ aufgeführt. Dabei handelt es sich um eine Batterietechnologie, eine Technologie für die CO₂-Abscheidung aus der Luft und eine Elektrolyseur-Technologie, die für die Erzeugung von industriellem Wasserstoff erforderlich ist (IEA, 2021^[18]). 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^[19]). 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^[19]). 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^[20]). 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^[21]; Hekkert et al., 2007^[22]).

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_[20]).

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_[23]).

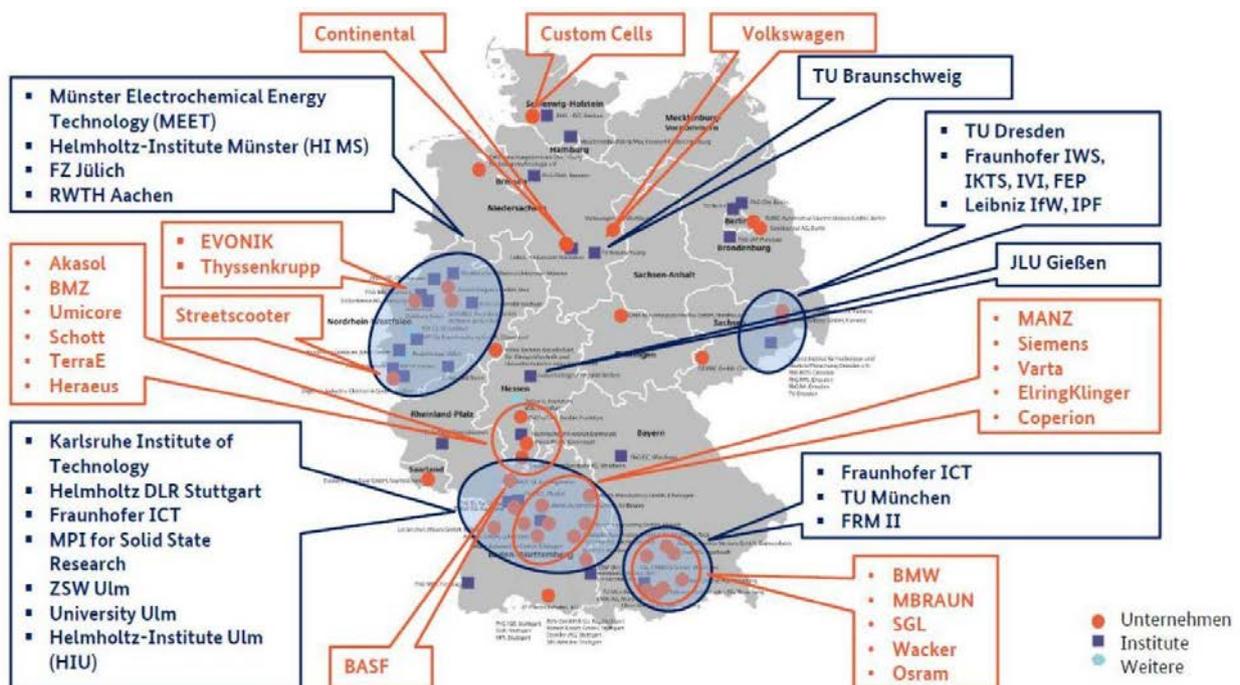
Das BMBF hat im Jahr 2007 das Förderprogramm „Lithium-Ionen-Batterien (LIB 2015)“ mit dem Ziel aufgelegt, eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien zu entwickeln, die zu geringeren oder null CO₂-Emissionen beitragen. Seither hat das BMBF rund 600 Mio. EUR (rund 60 Mio. EUR pro Jahr) für FuE im Batteriebereich 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^[24]). 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 Forschungsfertigung Batteriezelle (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^[25]):

- 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^[24]), „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 (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^[25]).

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^[26]). 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^[27]). 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^[28]).

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^[27]). 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 CO₂-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 CO₂-Steuern und die schrittweise Erhöhung des CO₂-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 sektor-spezifischen 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^[5]).

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^[29]). 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 Marktconsultation und wettbewerblichen Dialog), Budgeteinschränkungen und Schwierigkeiten bei der Umsetzung und Handhabung der vorkommerziellen Beschaffung (beispielsweise Aufruf zum Wettbewerb) (OECD, 2017^[4]). 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^[30]).

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^[4]). 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^[31]). 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. [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. [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. [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. [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. [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&. [28]

Anmerkungen

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

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

³ 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.

⁴ 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^[16]).

12 Von inkrementellen Innovationen zu Sprunginnovationen: neue Herausforderungen und Innovationsansätze

Dieses Kapitel befasst sich mit der Rolle, die Sprunginnovationen in der deutschen Wirtschaft spielen können. Dazu werden die wesentlichen Faktoren untersucht, die die Neigung der deutschen Wirtschaft erklären, im Kontext der ökologischen und digitalen Transformation Sprunginnovationen hervorzubringen und damit erfolgreich zu sein.

Einleitung

2019 hat die Bundesregierung die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) gegründet, um bahnbrechende Innovationen besser zu fördern. Der Ansatz, den die SPRIND bei der Förderung derartiger Innovationen verfolgt, unterscheidet sich von anderen Ansätzen – er erlaubt mehr Risikobereitschaft und erkennt an, dass der Erfolg dieser Innovationen und ihre Bedeutung über das Motiv der Wettbewerbsfähigkeit, das Politikmaßnahmen in den Bereichen Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) traditionell zugrunde liegt, hinausgehen. Sprunginnovationen führen zur Erschaffung neuer Märkte sowie zu disruptiven Marktveränderungen und Marktverdrängungen und haben tiefgreifende gesellschaftliche Folgen. Solche Innovationen hat es immer gegeben, wie die elektrische Energieversorgung oder (in jüngerer Zeit) das Internet zeigen. Sie wurden jedoch nicht bewusst herbeigeführt, sondern haben sich häufig organisch (sogar zufällig) entwickelt.

Die digitale und grüne Transformation hat den Druck verstärkt, mehr von diesen Innovationen hervorzubringen. Damit die Welt die im Pariser Klimaabkommen festgelegten Netto-Null-Emissionsziele erreichen kann, müssen rasch technologische Lösungen entwickelt werden, um die Weltwirtschaft drastisch zu dekarbonisieren. Viele dieser Lösungen werden kurz- und mittelfristig Innovationssprünge erfordern (d. h. völlig neue Technologien, die Anwendung bestehender Technologien in neuen Bereichen und die systematische Nutzung bestimmter Technologien und Verfahren in Alltag und Beruf). Ohne diese bahnbrechenden Innovationen könnte der Klimawandel zu irreversiblen Schäden führen, die tiefgreifende Auswirkungen auf das sozioökonomische Wohlergehen und die Stabilität haben.

Der Aufschwung der digitalen Wirtschaft und die immer größere Datennutzung in Forschung und Innovation haben neue Möglichkeiten für Sprunginnovationen geschaffen. Viele bahnbrechende Entwicklungen sind auf verschiedene Kombinationen aus Wissen und Daten zurückzuführen, die nur dank der Fortschritte im Bereich der digitalen Technologien und der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) möglich sind. Im Zuge der ökologischen Transformation hat die Bedeutung von Sprunginnovationen zusammen mit der Handlungsfähigkeit des WTI-Systems zugenommen.

Bei den Politikmaßnahmen zur Förderung von Sprunginnovationen geht es größtenteils darum, Fehlfunktionen des Marktes zu korrigieren, die verhindern könnten, dass bahnbrechende Entwicklungen häufiger realisiert werden. Beispielsweise können die Investitionsmöglichkeiten geringer sein, weil Sprunginnovationen mit einem höheren Risiko verbunden sind. Wenn die Kosten des Nichthandelns nicht in Markt- und Geschäftsabläufe eingerechnet werden, werden technologisch umsetzbare Lösungen für die Dekarbonisierung möglicherweise nicht ausreichend verallgemeinert, um wirksam zu sein. Wenn bahnbrechende Entwicklungen neue Kombinationen aus Wissen und Erfahrung erfordern, kann es sein, dass diese in der bestehenden Innovationsausrichtung der Forschungsbasis und des Privatsektors nicht oder nicht schnell genug hergestellt werden.

In diesem Kapitel werden einige der Punkte vorgestellt, in denen sich die Förderung von Sprunginnovationen von der traditionellen WTI-Politik unterscheidet. Auf der Grundlage eines für diesen Bericht erstellten Grundsatzpapiers wird der Frage nachgegangen, wie verschiedene Herausforderungen bewältigt werden können, um die Entwicklung und Verbreitung neuer Sprunginnovationen zu beschleunigen (Paunov, Einhoff und Mackle, erscheint demnächst^[1]). In diesem Kapitel wird erörtert, warum der Schwerpunkt der Politik auf Sprunginnovationen liegen sollte, und es werden einige Belege dafür angeführt. Anschließend wird eingehender untersucht, wie sich die Förderung von Sprunginnovationen von der traditionellen WTI-Förderung unterscheidet. Das Kapitel endet mit einer Reihe offener Fragen an Politikverantwortliche in Deutschland.

12.1. Business as usual? Argumente für einen neuen Innovationsansatz

Zur Bewältigung einiger der komplexen sozioökonomischen und ökologischen Herausforderungen, denen sich Deutschland gegenüber sieht, müssen bislang getrennte Bereiche von Wissenschaft und Industrie – zum Beispiel Daten- und Energietechnologien oder künstliche Intelligenz und pharmazeutische Forschung – miteinander verknüpft werden. Diese Form von Innovation wird häufig als „bahnbrechende“ oder „radikale“ Innovation bzw. Sprunginnovation bezeichnet. In vielen Fällen werden solche Innovationen als „disruptiv“ angesehen, da sie den Status quo etablierter Sektoren – vom Einzelhandel bis hin zu netzgebundenen Wirtschaftszweigen (z. B. Kommunikation) – infrage stellen. Ein entscheidender Unterschied zu den traditionellen Innovationsformen (insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe) liegt in der zunehmenden Bedeutung von Daten, die zu einem Schlüsselement für Innovationen im Allgemeinen und für Sprunginnovationen im Besonderen geworden sind. Empfehlung 4 (Kapitel 10) zum Datenzugriff und zur Dateninfrastruktur ist zum Teil eine Reaktion auf diese neue Realität.

12.1.1. Die Bedeutung von Sprunginnovationen im Transformationskontext Deutschlands

Die Komplexität, mit der sich große und industrialisierte Volkswirtschaften wie Deutschland im Kontext der ökologischen und digitalen Transformationen konfrontiert sehen, ist beispiellos. In keinem anderen großen Industrieland wurde die eigentliche Grundlage der Wettbewerbsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit des Landes so systematisch durch den sich verändernden sozialen, ökologischen und regulatorischen Druck infrage gestellt. Zudem wird dieser Druck durch die engen Verflechtungen zwischen der deutschen Wirtschaft und den internationalen Märkten noch weiter verstärkt.

Da die deutsche Wirtschaft in der Vergangenheit sehr innovativ war, könnte daraus folgen, dass sie es auch weiterhin sein wird, unabhängig davon, welche *Form* von Innovation für den Erfolg notwendig ist. Die Gründe dafür, dass dies möglicherweise nicht so einfach ist und dass Erfolg in der Vergangenheit nicht immer eine Garantie für zukünftigen Erfolg ist, sind auf Unternehmensebene zu suchen. Kodak, ein weltweit führendes Unternehmen für fotografische Ausrüstung, dessen gesamtes Geschäftsmodell durch den Technologiesprung zu Digitalkameras obsolet wurde, ist vielleicht das berühmteste Beispiel. Andere Beispiele sind Nokia, ein weltweit führender Hersteller von Mobiltelefonen, der mit dem Vormarsch der Smartphones durch neue Marktteilnehmer*innen verdrängt wurde, und Blockbuster, der weltweit bekannte Videoverleihdienst, dessen Geschäftsmodell mit dem Aufkommen von Online-Streaming hinfällig wurde.

Diese Fälle weisen eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf, die für die WTI-Politik in Deutschland relevant sind, selbst wenn es notwendig ist, theoretisch etwas weiter auszuholen, um sie zu verstehen. Zunächst einmal waren diese Unternehmen in ihrer jeweiligen Branche innovations- und marktführend. Was Kodak anbelangt, so war das Unternehmen so innovativ, dass es 1975 die weltweit erste Digitalkamera erfand. Allerdings hat es nicht zu erkennen vermocht, wie diese Erfindung sein Geschäftsmodell auf den Kopf stellen könnte. Die zweite Gemeinsamkeit ist die Bedeutung von Sprunginnovationen und wie leicht große, innovative Unternehmen in die Obsoleszenz getrieben werden können, wenn bestimmte Durchbrüche erzielt werden und sich zu verbreiten beginnen.

Was bedeutet das für Deutschland? Viele deutsche Unternehmen sind hochinnovativ, weltweit führend in Forschung und Entwicklung und große Arbeitgeber. Und doch haben sie Geschäftsmodelle, die durch die digitale und ökologische Transformation grundlegend infrage gestellt werden könnten. Die digitale Transformation kann dazu führen, dass zunehmend vernetzte und geteilte Mobilität oder Fahrzeuge und Maschinen mit integrierten digitalen Diensten bevorzugt werden. Die ökologische Transformation wird wahrscheinlich zur Bevorzugung von Elektrofahrzeugen führen, während die Dekarbonisierung die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Industrieunternehmen zugunsten von Unternehmen in Ländern mit geringerem Lohndruck beeinträchtigen könnte.

Das deutsche Wirtschaftsmodell – und die innovativen Unternehmen, auf denen es basiert – werden wahrscheinlich nicht hinfällig werden. Dennoch sollten die Politikverantwortlichen prüfen, ob die derzeitige

Ausrichtung der WTI-Politik dazu führen wird, dass der große Fundus an Wissen und die Innovationskompetenz des Privatsektors zur Sicherung der zukünftigen Resilienz, Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft genutzt werden. So hatte beispielsweise der amerikanische Automobilhersteller Tesla, der sich auf Elektrofahrzeuge konzentriert und im Bereich Batterietechnologien über besondere Kompetenzen verfügt, im April 2022 eine Marktkapitalisierung von 1 074 Mrd. USD und wurde damit um 200 Mrd. USD höher bewertet als die zehn nächstplatzierten Unternehmen *zusammen*. Und dies obwohl Tesla 2021 nicht einmal zu den zehn größten Automobilunternehmen nach Jahresergebnis gehörte und im April 2022 ein Kurs-Gewinn-Verhältnis von 343 aufwies. Im Vergleich dazu hatte zum Beispiel Volkswagen 2021 einen Umsatz von 241 Mrd. USD und ein Kurs-Gewinn-Verhältnis von 4,49.

Die Kluft zwischen der aktuellen Bewertung von Tesla und der anderer Automobilunternehmen ist auf die wahrgenommene Wahrscheinlichkeit zurückzuführen, dass das amerikanische Unternehmen einige der Sprunginnovationen liefern wird, die die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Automobilindustrie in einer Netto-Null-Zukunft stärken werden. Die hohe Bewertung zeigt auch, dass Investor*innen die Erschließung neuer Märkte erwarten, selbst wenn dies mit Spekulationen verbunden ist. Deutsche Automobilhersteller mögen zwar die erforderlichen Technologien beherrschen, um bei der Herstellung von Elektrofahrzeugen weltweit führend zu werden, die Kompetenzen von Tesla in Bereichen wie der Batterietechnologie dürften jedoch Einfluss auf die Anlegerstimmung haben.

12.1.2. Förderung von Sprunginnovationen in Deutschland: SPRIND

Ziel der 2019 von der Bundesregierung gegründeten SPRIND ist es, Forschungsideen, aus denen Sprunginnovationen werden können, zu entdecken und weiterzuentwickeln sowie die Vermarktung und Verbreitung hochinnovativer Konzepte zu beschleunigen. Die Agentur untersteht dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Ihr Aufsichtsrat setzt sich aus zehn Vertreter*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie jeweils einem*einer Vertreter*in der Bundesministerien für Finanzen, für Bildung und Forschung sowie für Wirtschaft und Klimaschutz zusammen. Wie die Defense Advanced Research Projects Agency in den Vereinigten Staaten (DARPA) plant die SPRIND Innovationswettbewerbe („Challenges“) zu bestimmten Themen. Solche Innovationsanreize und -initiativen sind in den Informationstechnologien (z. B. im Bereich Programmierung) bereits fest etabliert und haben während der Coronapandemie auch in anderen Bereichen an Popularität gewonnen.

Die von der SPRIND geförderten Projekte spiegeln die technologische Offenheit der Agentur wider und reichen von einem potenziellen Alzheimer-Medikament bis zur Wasserreinigung. Bis Juni 2022 hatte die SPRIND drei Projekte abgeschlossen und die Förderung für acht laufende Projekte übernommen. Der Schwerpunkt der ersten drei Projekte lag überwiegend auf IKT, die laufenden Projekte sind jedoch vielfältiger. Die Agentur führt auch zwei Challenges durch, die sich mit der Dekarbonisierung und der Bekämpfung von Virusinfektionen befassen. Aus den zahlreichen Projektvorschlägen, die die Agentur erreichen, wählt die SPRIND eine relativ kleine Anzahl von Projekten aus: 2021 waren es nur 4 Projekte bei 440 Vorschlägen, mit einer Anfangsfinanzierung von 2 bis 4 Mio. EUR.

SPRIND und DARPA entsprechen sich zwar nicht exakt, ihr Zweck und ihr Modell sind jedoch ähnlich – beide sind schlanke, risikotolerante Einrichtungen, deren Ziel es ist, die Entwicklung von Sprunginnovationen zu beschleunigen. Die SPRIND befindet sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Für den ersten Zehnjahreszeitraum wurde die Agentur mit einem Budget von 1 Mrd. EUR ausgestattet. Der Finanzierungsumfang wirkt sich auf die Anzahl der Projekte aus, die die Agentur fördern kann, sowohl im Hinblick auf die direkte Finanzierung als auch auf die institutionelle Kapazität. Die DARPA besteht seit über 50 Jahren und verfügt 2023 über ein Budget von 3,9 Mrd. EUR (DARPA, o. J.^[2]). Sie beschäftigt mehr als 200 Staatsangestellte, darunter 100 Projektmanager*innen in sechs technischen Programmbüros (CRS, 2021^[3]).

Die Fähigkeit der SPRIND, bahnbrechende Entwicklungen zu fördern, könnte durch nationale und EU-rechtliche Regelungen begrenzt werden, wie der Präsident der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, Gerald Haug, zu bedenken gibt (Gillmann, 2021^[4]). Der Gründungsdirektor der SPRIND, Rafael Laguna, äußerte sich in einem 2021 geführten Interview ebenfalls besorgt über die regulatorischen Fesseln, die der Agentur die Förderung von Sprunginnovationen erschweren (Gillmann, 2021^[5]). Diese Hemmnisse – insbesondere im Hinblick auf staatliche Beihilfen und das öffentliche Vergabewesen – haben innerhalb der Agentur Forderungen nach einem „SPRIND-Gesetz“ ausgelöst, das den Bürokratieaufwand für die Agentur verringern und es ihr ermöglichen würde, Projekte flexibler – und wirkungsvoller – auszuwählen und zu fördern. Aus Governance-Sicht kann die Tatsache, dass im Aufsichtsrat der SPRIND Vertreter*innen der Ministerien sitzen, ebenfalls die autonome Handlungsfähigkeit der Agentur einschränken.

Für eine Erfolgsbilanz der Bundesagentur für Sprunginnovationen ist es zu früh, aber ihre Gründung veranschaulicht, welche Art von Institution die Innovationsaktivitäten unterstützen kann, die sich Führungskräfte aus Politik und Wirtschaft wünschen. Die aktuelle Größe der Agentur und ihr Budget reichen jedoch möglicherweise nicht aus, um Sprunginnovationen auf systemischer Ebene zu fördern. Ergänzende Maßnahmen sind ebenfalls erforderlich, z. B. Zielregeln und Bewertungskriterien für bestehende Innovationsprogramme zur Förderung disruptiver Lösungen und Risiken (auch im öffentlichen Vergabewesen), eine antizipativ ausgerichtete Regulierung mit den richtigen Standards und Mechanismen sowie die Förderung ernsthafter Möglichkeiten zur Skalierung erfolgreicher Lösungen.

12.2. Sprunginnovationen und ihre Politikimplikationen für Deutschland

In der Einleitung dieses Kapitels wurde die Frage gestellt, ob sich der deutsche Unternehmenssektor im Kontext der ökologischen und digitalen Transformationen anpassen und florieren kann oder ob (zumindest in einigen seiner größten und innovativsten Branchen) die Gefahr besteht, dass bestimmte Technologie- und Innovationskapazitäten obsolet werden. Die Stärke des deutschen WTI-Systems, das sich durch vielfältige Kompetenzen und innovatives Know-how in einer Reihe von Branchen und unterschiedlich großen Unternehmen – darunter dem Mittelstand – auszeichnet, sollte für die ökologische Transformation Gutes verheißen.

Im Gegensatz zu inkrementellen Innovationen gehen Sprunginnovationen mit der Erschaffung neuer Märkte und der neuartigen Anwendung neuer Technologien einher (Ahuja, Yang und Shankar, 2009^[6]).¹ In radikalen Erfindungen werden bisher nicht verbundene Wissensgebiete kombiniert, was einem unsicheren und riskanten Prozess gleichkommt (Castaldi, Frenken und Los, 2014^[7]; Fleming, 2001^[8]).

Was kann der Staat aus politischer Sicht tun, um Sprunginnovationen zu fördern, und wie unterscheidet sich eine solche Förderung von den bereits etablierten Maßnahmenprogrammen für den Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation, mit denen der private Sektor kontinuierlich und effektiv unterstützt wurde? Zwar gibt es Überschneidungen – Unternehmen und Unternehmer*innen benötigen nach wie vor Investitionen, Zugang zu Finanzmitteln, Unterstützung für FuE, Zugang zu qualifizierten Mitarbeiter*innen usw. –, doch die Politikimplikationen für Sprunginnovationen unterscheiden sich erheblich von denen für „inkrementelle“ Innovationen. Diese unterschiedlichen Bedürfnisse spiegeln die logischen Folgen von Sprunginnovationen wider – neue Märkte und Produkte sowie Marktumbrüche und Marktverdrängungen, die häufig mit gesellschaftlich wichtigen Auswirkungen verbunden sind.

Wie weiter oben erörtert, spiegelt die Gründung der SPRIND die Notwendigkeit wider, bei der WTI-Politik einen neuen Ansatz zu verfolgen, der bahnbrechende Entwicklungen explizit unterstützt und eine Reihe von Politikimplikationen hat (Tabelle 12.1.). Zum Beispiel kann die SPRIND Finanzmittel für risikoreichere Innovationsvorhaben zur Verfügung stellen. Die Agentur kann zudem die für Innovationen erforderliche Forschungs- und physische Infrastruktur bereitstellen. Sie kann regulatorische, rechtliche und koordinative Herausforderungen verringern und theoretisch eine Verknüpfung mit anderen staatlichen Politikbereichen

(wie dem öffentlichen Vergabewesen) herstellen, um staatlich getriebene Markterschließungen zu unterstützen. Wenn bei bestimmten Herausforderungen (z. B. im Energiebereich) die Innovationsförderung mit der vorkommerziellen Auftragsvergabe verknüpft wird, so zeigt dies deutlich, wie Einrichtungen wie die SPRIND dazu beitragen können, einen gezielteren und expliziteren Ansatz für die WTI-Politik und die Förderung von Sprunginnovationen umzusetzen.

Tabelle 12.1. Sprunginnovationen und Politikimplikationen

Art der Herausforderung	Politikimplikationen
Kosten	1. Bereitstellung von Finanzmitteln für die Produktion und Skalierung (Erhöhung der Zahl neuer Geschäftsideen); dadurch könnten weniger private Mittel für inkrementelle Innovationen zur Verfügung stehen
Kombination	2. Förderung von branchen- und politikübergreifenden Kooperationsprojekten, um die Zusammenarbeit zwischen Industrie, Wissenschaft und Zivilgesellschaft noch stärker zu unterstützen als bei inkrementellen Innovationen 3. Förderung von fach- und sektorübergreifenden Kooperationen und Innovationsplattformen
Markterschließung	4. Nutzung des öffentlichen Vergabewesens, um Anreize für Produkte zu schaffen, die das Potenzial haben, neue Märkte zu erschließen und richtungsweisend zu sein; dies ist für etablierte Produkte nicht erforderlich 5. Stärkere Einbeziehung der Zivilgesellschaft in die Politikgestaltung und in Innovationsprozesse; dies ist ein Vorteil, für inkrementelle Innovationen jedoch nicht so wichtig 6. Förderung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Staat bei der Gestaltung der Nachfrage nach umweltfreundlicheren Produkten/Transformationen (z. B. Mobilität in Städten)
Risiken	7. Ausweitung der Wagniskapitalfinanzierung und Förderung für risikoreichere Projekte 8. Unterstützung von Unternehmen, die im Umgang mit Risiken Erfahrung haben 9. Investitionen in die Forschung zu Fragen rund um Schlüsseltechnologien 10. Antizipation künftiger technischer Foren usw. 11. Schaffung von Anreizen für öffentlich Bedienstete, Unternehmen (insbesondere Start-ups und kleine und mittlere Unternehmen [KMU]) und die Wissenschaft, damit sie wichtige, risikoreichere Forschungsprojekte in Angriff nehmen (auch durch die Ausschreibung von Preisen)
Infrastruktur	12. Verbesserung digitaler und anderer Infrastrukturen, die für Sprunginnovationen erforderlich sind, insbesondere dort, wo dies vom herkömmlichen Innovationsbedarf abweichen kann 13. Förderung des Dialogs zwischen verschiedenen Regierungsbereichen, der Wirtschaft und anderen Akteuren über die Infrastrukturnutzung
Regulatorische und rechtliche Auflagen	14. Ausbau von Reallaboren 15. Stärkung der Agilität von Regulierungs- und Politikmaßnahmen
Mangelnde Koordination	16. Entwicklung von Strategien/Visionen für Länder, Branchen und Regionen 17. Förderung der ressortübergreifenden Zusammenarbeit bei wichtigen Herausforderungen 18. Förderung von Ökosystemdenken, wozu auch Anpassungen in der gesamten Wertschöpfungskette gehören
Teilhabe	19. Gestaltung von WTI-, bildungs- und sozialpolitischen Maßnahmen (einschließlich Migrationskonzepten), um explizit auf bestehende Herausforderungen zu reagieren
Kompetenzen und Fähigkeiten	20. Angebot von Fort- und Weiterbildung am Arbeitsplatz sowie Kompetenztraining 21. Bereitstellung von wissensbasierten Dienstleistungen und Förderung von Kooperationen 22. Ausweitung der Politikmaßnahmen für die Zuwanderung von Fachkräften

Quelle: Paunov, Einhoff und Mackle (erscheint demnächst¹¹).

Im verbleibenden Teil dieses Abschnitts werden einige dieser Politikherausforderungen und ihr Bezug zu Deutschland beleuchtet.

12.2.1. Koordinationsherausforderungen im Transformationskontext

Wenn sich der industrielle Schwerpunkt eines Landes verlagert, ergibt sich eine Reihe komplexer Koordinationsherausforderungen. Im Kontext der nachhaltigen Transformation manifestieren sich diese Herausforderungen in zahlreichen sozialen und wirtschaftlichen Bereichen. Die Umstellung auf ein völlig neues Produkt/Verfahren oder einen neuen Markt kann zwar für alle Akteure mit Vorteilen verbunden sein, allerdings ist dies für keinen Akteur im Alleingang möglich, da die Kosten zu hoch wären und Inputs von allen anderen Akteuren erforderlich sind. Zum Beispiel erfordert die Umstellung von Verbrennungsmotoren auf Elektrofahrzeuge nicht nur eine Anpassung der gesamten Zulieferkette, um Bauteile für die neuen

Produkte herzustellen, sondern auch tiefgreifende Infrastrukturveränderungen. Elektrofahrzeuge können für die deutschen Automobilhersteller nur dann eine gangbare Alternative sein, wenn die unterstützende Infrastruktur – d. h. Ladestationen und die notwendige Batterietechnologie – vorhanden ist. Diese Herausforderungen erfordern eine verstärkte Koordination und gemeinsames Handeln, wie in Empfehlung 1 zur Einrichtung des Forums vorgeschlagen wird.

12.2.2. Finanzierungsherausforderungen

Wie in Kapitel 7 erörtert, haben KMU in Deutschland traditionell einen guten Zugang zu Finanzierungen, was eine wesentliche Stärke des WTI-Systems ist. Dennoch sehen sich KMU beim Zugang zu Finanzmitteln Schwierigkeiten gegenüber, wenn in immaterielles Kapital investiert werden soll. Sachkapital hat industrielle Investitionen und Innovationen jahrzehntelang gestützt. In einem Kontext, in dem Erfolg von einer stärkeren und schnelleren Verbreitung digitaler Technologien, einer intensiveren Nutzung von Daten und einer stärkeren Interdisziplinarität, Um- und Höherqualifizierung sowie Experimentierfreudigkeit abhängig ist, werden Investitionen in immaterielles Kapital allerdings eine noch wichtigere Rolle spielen. Solange sich die Mittelbeschaffung für diese immateriellen Investitionen für KMU schwierig gestaltet (häufig, weil der Vermögenswert nicht besichert werden kann), werden sich deutsche KMU möglicherweise langsamer auf die nachhaltige Transformation einstellen und sich weniger mit solchen Innovationen beschäftigen als KMU in anderen Volkswirtschaften. Dadurch verschärft sich das Problem der Finanzierung von Innovationen zusätzlich (siehe Empfehlung 6).

Abgesehen von Investitionen in immaterielles Kapital ist die Finanzierung von Sprunginnovationen unweigerlich mit einem höheren Risiko verbunden – zumindest in der Anfangsphase, auch wenn die Gewinne am Ende größer ausfallen können. Darüber hinaus kann es sich bei den Innovator*innen um Start-ups oder Einzelpersonen handeln, die nur über wenige besicherbare Vermögenswerte verfügen oder deren Businessplan noch unausgereift ist. In dieser Hinsicht kann sich die Finanzierung von Sprunginnovationen erheblich von der Finanzierung „inkrementeller“ Innovationen oder von Innovationen etablierter WTI-Akteure unterscheiden. Finanzierungsinstitutionen sind dem damit verbundenen zusätzlichen Risiko möglicherweise nicht gewachsen. Unter Umständen können sie die Implikationen der Innovationstätigkeit nicht einschätzen oder haben ihre Anreizstrukturen falsch ausgestaltet (sie erwarten eine Kapitalrendite, die dem gesellschaftlichen Nutzen der Innovation nicht gerecht wird). Öffentliche Einrichtungen, die WTI-Programme finanzieren, können ähnliche Probleme verzeichnen. Dies impliziert, dass bei der Innovationsfinanzierung ein anderer Ansatz verfolgt werden muss, sofern die politischen Entscheidungsträger mehr bahnbrechende Entwicklungen (und ihre systematischere Einführung) sehen möchten.

12.2.3. Management, Kompetenzen und Fähigkeiten

Einige der Themen, die in diesem Abschnitt (und im Bericht allgemein) erörtert werden, betreffen die langsame Verbreitung von IKT im privaten Sektor und die Auswirkungen auf die Innovationstätigkeit – insbesondere die digitalen und datengesteuerten Innovationen, die für bahnbrechende technologische Entwicklungen erforderlich sind. Ein Aspekt, der bisher noch nicht erwähnt wurde, ist das Thema Management, Kompetenzen und Fähigkeiten. Jüngere Studien haben gezeigt, dass einer der Gründe für die langsame Verbreitung von Technologie in deutschen KMU ihre relativ schwachen Managementpraktiken sind. Dementsprechend müssen die Akteure im WTI-System (ob Fabrikarbeiter*innen, Beschaffungsverantwortliche oder an Hochschulen beschäftigte Wissenschaftler*innen) über die technologischen und personellen Fähigkeiten verfügen, um innovativ tätig zu sein und Innovationsmöglichkeiten zu erkennen (z. B. im öffentlichen Beschaffungswesen), und befugt sein, entsprechende Entscheidungen zu treffen.

Managementmethoden kommt eine wichtige Rolle zu, um die Produktivität eines Unternehmens zu steigern und neue Technologien effektiv zu nutzen. Ihre Verbesserung muss daher ein zentrales Element von Geschäftsinnovationsstrategien sein. Die Einführung moderner Managementpraktiken, wie Zielvorgaben, Erfolgsmonitoring und die Schaffung von Anreizen, ist ein Schlüsselfaktor, der die Unterschiede

in der Unternehmensproduktivität sowohl in den Unternehmen als auch im Ländervergleich erklärt (Bloom und Van Reenen, 2007^[9]). Diese beiden miteinander verknüpften Fragestellungen – das Personalmanagement im WTI-System und die Fähigkeiten der Akteure innerhalb dieses Systems – gelten für den öffentlichen und den privaten Sektor gleichermaßen.

Darüber hinaus können für die Identifizierung von Möglichkeiten für Sprunginnovationen oder die Identifizierung der potenziellen Auswirkungen solcher bahnbrechenden Entwicklungen andere Managementkompetenzen erforderlich sein. Eine Führungskraft, die die marktwirtschaftlichen Auswirkungen inkrementeller Produktverbesserungen versteht, kann möglicherweise nicht die Auswirkungen einer bahnbrechenden Entwicklung einschätzen, weil sie von zuvor festgelegten Vorgehensweisen abweichen. Vereinfacht gesagt stimmen die für Innovationen im Allgemeinen erforderlichen Managementkompetenzen möglicherweise nicht mit den Anforderungen von Sprunginnovationen überein. In solchen Fällen kann es wichtiger sein, über technologische Disziplinen hinweg zu denken, die größeren sozialen Auswirkungen von Innovationsaktivitäten zu berücksichtigen und sich durch sie motiviert zu fühlen.

12.2.4. Beiträge des Dienstleistungssektors

Die Innovationskraft der deutschen Wirtschaft liegt im Verarbeitenden Gewerbe. Die digitale Transformation bietet jedoch weiterhin erhebliche Chancen für Dienstleistungsinnovationen, da die Interaktion mit den Kunden und die Ermittlung ihrer spezifischen Bedürfnisse (z. B. bei Transportdienstleistungen auf Abruf) jetzt viel einfacher ist. Eine weitere Folge der digitalen Transformation ist die „Servitization“ des Verarbeitenden Gewerbes (Guellec und Paunov, 2018^[10]). Erfolg bei der ökologischen Transformation könnte daher dazu führen, dass Innovationen im Dienstleistungssektor und potenziellen sektorübergreifenden Verflechtungen größere Aufmerksamkeit geschenkt wird, um künftige Transformationen auf den Weg zu bringen.

12.2.5. Stärkere Beteiligung an Politikprogrammen, die Sprunginnovationen unterstützen

Eine wesentliche Herausforderung für die WTI-Politikverantwortlichen besteht darin, die Beteiligung von KMU an den von ihnen konzipierten Programmen zu erhöhen und Unterstützung für Sprunginnovationen zu gewinnen. Für viele Unternehmen sind die Politikmöglichkeiten für inkrementelle Innovationen relativ klar, vor allem wenn sie bereits innovativ tätig sind. Dies gilt nicht zwangsläufig für Unternehmen, die an Sprunginnovationen arbeiten, da dies mit einer Abkehr von normalen Tätigkeiten und dem Risiko einer Neuausrichtung verbunden ist. Förderprogramme für Sprunginnovationen sehen sich den gleichen Beteiligungsproblemen gegenüber wie traditionelle Fördermechanismen. Verschärft wird diese Situation durch die Tatsache, dass viele Unternehmen mit dem Konzept nicht vertraut sind und dass eine größere Vielfalt von Unternehmen und Akteuren – oft von außerhalb des formalen WTI-Systems – einbezogen werden muss.

Damit in Zusammenhang steht auch die Frage der gesellschaftlichen Einbindung in Innovationsaktivitäten mit ihren möglichen sozialen Implikationen. Transformationen ziehen grundlegende Marktveränderungen nach sich und betreffen folglich nicht nur Hersteller*innen, sondern auch Kund*innen und die Gesellschaft insgesamt. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, diese Akteure einzubinden, um die richtigen Entscheidungen zu treffen und gemeinsame Maßnahmen zu ergreifen (vgl. Kapitel 16).

Literaturverzeichnis

- Ahuja, V., J. Yang und R. Shankar (2009), „Benefits of collaborative ICT adoption for building project management“, *Construction Innovation*, Vol. 9/3, S. 323–340, <http://dx.doi.org/10.1108/14714170910973529>. [6]
- Bloom, N. und J. Van Reenen (2007), „Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries“, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 122/4, S. 1351–1408, <http://dx.doi.org/10.1162/qjec.2007.122.4.1351>. [9]
- Bower, J. und C. Christensen (1995), „Disruptive Technologies: Catching the Wave“, *Harvard Business Review*, Vol. 73/1, S. 43–53, <https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave>. [11]
- Castaldi, C., K. Frenken und B. Los (2014), „Related Variety, Unrelated Variety and Technological Breakthroughs: An analysis of US State-Level Patenting“, *Regional Studies*, Vol. 49/5, S. 767–781, <http://dx.doi.org/10.1080/00343404.2014.940305>. [7]
- CRS (2021), *Defense Advanced Research Projects Agency: Overview and Issues for Congress*, CRS Report, No. R45088, Congressional Research Service, Washington, D.C., <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45088.pdf>. [3]
- DARPA (o. J.), „Budget“, Defense Advanced Research Projects Agency, Arlington, VA, <https://www.darpa.mil/about-us/budget>. [2]
- Fleming, L. (2001), „Recombinant Uncertainty in Technological Search“, *Management Science*, Vol. 47/1, S. 117–132, <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.47.1.117.10671>. [8]
- Gillmann, B. (2021), „Rafael Laguna: ‚Unsere Bürokratiemonster sind tödlich für Innovatoren‘“, *Handelsblatt*, 23. Februar, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/chef-der-agentur-fuer-sprunginnovationen-rafael-laguna-unsere-buerokratiemonster-sind-toedlich-fuer-innovatoren-/26938710.html?ticket=ST-5058607-JW9dPnpMeddRvQgQx3al-ap1>. [5]
- Gillmann, B. (2021), „Schutzmaßnahmen müssen konsequenter als bisher umgesetzt werden“, *Handelsblatt*, 9. Februar, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/praesidenten-von-leopoldina-und-stifterverband-schutzmassnahmen-muessen-konsequenter-als-bisher-umgesetzt-werden/26877416.html>. [4]
- Guellec, D. und C. Paunov (2018), „Innovation policies in the digital age“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 59, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/eadd1094-en>. [10]
- Paunov, C., J. Einhoff und L. Mackle (erscheint demnächst), *The Kodak Moment: Can export success be an obstacle for breakthrough innovation?*, OECD, Paris. [1]

Anmerkungen

¹ Radikale Innovationen haben eine ähnliche Definition wie disruptive Innovationen. In der Wirtschaftstheorie ist eine disruptive Innovation eine Innovation, die einen neuen Markt und ein neues Wertschöpfungsnetzwerk schafft und schließlich etablierte, marktführende Unternehmen, Produkte und Allianzen verdrängt (Bower und Christensen, 1995_[11]).

13 Technologie- und Wissens- transfer für industrielle Innovation und Transformationen

Deutschland verfügt über ein gefestigtes Netzwerk für den Wissenstransfer und die kreative Kollaboration von Wissenschaft und Industrie, das dazu beigetragen hat, dass deutsche Firmen an der Spitze im Technologiebereich stehen. Doch erfordern die digitale und ökologische Transformation verstärkte disziplinen- und sektorübergreifende Anstrengungen im Umfeld der Transformation. Dieses Kapitel beginnt mit einer Empfehlung für verbesserten disziplinen- und sektorübergreifenden Wissenstransfer. Es stellt die wichtigsten Akteure und Institutionen vor, die am Wissens- und Technologietransfer innerhalb des deutschen Innovationssystems beteiligt sind. Darauf folgt eine Analyse zur Fragestellung, wie der Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Industrie Sprunginnovationen fördern kann. Abschließend werden die Beschränkungen sowie die politischen Maßnahmen zur Unterstützung des Wissenstransfers innerhalb des deutschen Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystems erörtert.

Einleitung

Der Wissenstransfer und die kreative Kollaboration (Ko-Kreation) von Forschung, Industrie und anderen Interessengruppen sind wichtige Innovationstreiber. Die Verstärkung ihres Wirkungsgrads und ihrer Nutzungshäufigkeit ist daher ein zentraler Baustein der deutschen Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik (WTI). Der Wissenstransfer fördert die industrielle Wettbewerbsfähigkeit und befasst sich mit gesellschaftlichen Herausforderungen durch die Umwandlung wissenschaftlicher Erkenntnisse in neue Produkte und Dienstleistungen, wohingegen bei der kreativen Kollaboration die gemeinsame Erbringung innovativer Leistungen durch mehrere Projektbeteiligte im Vordergrund steht (Kreiling und Paunov, 2021^[1]).

Der Wissenstransfer ist besonders wichtig für die innovativen Kapazitäten kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU), die den deutschen Mittelstand bilden. Während Großkonzerne zumeist in der Lage sind, beträchtliche Investitionen für Forschung und Entwicklung (FuE) bereitzustellen, gilt dies nicht im selben Maße für kleinere Unternehmen. Daher kann die Möglichkeit, gemeinsam an hochwertigen Forschungsprojekten innerhalb des breiteren Kontexts des WTI-Systems mitzuwirken und von diesen zu lernen, die Innovationskapazitäten von KMU merklich verbessern. Eine kollaborative Innovation spielt im Umfeld der Transformation eine noch größere Rolle, da in dieser Hinsicht in der Wirtschaft zumeist kaum verbreitete Kenntnisse und Technologien gefragt sind, um Innovationen erfolgreich voranzubringen. Eine wesentliche Herausforderung für politische Entscheidungsträger*innen ist es, die Umwandlung von Erkenntnissen aus der Wissenschaft in erfolgreiche Innovationen zu beschleunigen. Dies setzt voraus, bereits vorhandene und neu entstehende Kompetenzen im gesamten WTI-System zu nutzen. Deutschlands stark ausgeprägte Forschungskapazitäten und seine wissenschaftliche Führungsrolle in einer Reihe von Disziplinen begründen seine Stärke und Resilienz angesichts der laufenden Innovationsprozesse von Unternehmen im Zuge der ökologischen und digitalen Transformation.

Die Unterstützung des Wissens- und Technologietransfers aus Forschungs- und Wissenschaftsinstitutionen in den Privatsektor bleibt für die Bundesregierung eine der zentralen politischen Prioritäten. Das innovationspolitische Flaggschiff-Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Von der Idee zum Markterfolg“, ist ausdrücklich darauf ausgerichtet, den Transfer von Ideen, Forschung und Technologie zu marktfähigen Lösungen zu beschleunigen und damit sicherzustellen, dass deutsche Unternehmen gerüstet sind, um die vielversprechendsten Forschungsergebnisse zu kommerzialisieren und anzuwenden. Allerdings sind die meisten Programme von dem in Deutschland dominanten Fertigungssektor geprägt und auf diesen ausgerichtet. Zwar muss der Wissens- und Technologietransfer zwischen der Forschung und den historisch gewachsenen innovativen Branchen auf der innovationspolitischen Agenda ebenfalls hoch angesiedelt bleiben, doch müssen politische Entscheidungsträger*innen gleichzeitig bedenken, dass im Kontext der ökologischen und digitalen Transformation auch neue Formen des Transfers erforderlich sein können.

Die Herausforderung für die deutschen Entscheidungsträger*innen besteht darin, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der Unterstützung von formellen und informellen Informationskanälen für den Austausch zwischen Industrie und Forschung zwecks Wahrung der vorhandenen industriellen Kompetenzen einerseits und dem notwendigen Spielraum für das Entstehen neuer Firmen und Ideen andererseits zu finden. Ganz wesentlich ist dabei die Gewähr, dass der Mittelstand zu diesem Ziel beiträgt.

Dieses Kapitel der OECD-Berichte zur Innovationspolitik formuliert zu Beginn eine Empfehlung zur Verbesserung des disziplinen- und sektorübergreifenden Wissenstransfers. Im Anschluss wird eine Bewertung der Schlüsselaspekte des deutschen Umfelds für den Wissens- und Technologietransfer vorgenommen, bei der die verfügbaren politischen Optionen zu dessen Verbesserung eingehend geprüft werden.

Empfehlung 5: Den disziplinen- und sektorübergreifenden Wissenstransfer und die Zusammenarbeit in diesem Bereich verbessern

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Ein weitreichender und inklusiver Wissensaustausch und die Zusammenarbeit zwischen Institutionen, Disziplinen und Sektoren sowie multidisziplinäre, offene Innovationsansätze sollten zu Eckpfeilern der deutschen WTI-Politik werden. Ein Erfolg in diesem Bereich hätte weitere positive Ausstrahlungseffekte auf die Inklusivität im WTI-Bereich, indem beispielsweise weitere Kreise der Bevölkerung mit Fertigkeiten außerhalb von Naturwissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik (der sogenannte MINT-Bereich) für Innovationen begeistert werden. Deutschlands traditionelle innovative Stärken bündeln sich im Allgemeinen innerhalb bestimmter Branchen, so dass jeweils innerhalb eines speziellen Clusters oder Industriezweigs Wissen entsteht und Technologie transferiert und angewandt wird. In einer digitalisierten Welt hingegen vollzieht sich der Wissens- und Technologietransfer zunehmend an der Schnittstelle zwischen digitalen Technologien und den „analogen“ Sektoren. Zudem sind angesichts der Herausforderung durch die nachhaltige Entwicklung Sprunginnovationen vonnöten – und werden dies auch weiterhin bleiben. Erfolge bei diesen Innovationen benötigen einen wirkungsvollen Wissenstransfer und die Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft in Form von offener Innovation und industriell-wissenschaftlicher Kollaborationen über sämtliche Sektoren der Wirtschaft hinweg beruhen. Die Förderung von Wissenstransfer und Zusammenarbeit sollte über die traditionell innovativen Sektoren hinaus gehen. Der Erfolg der von der Bundesregierung unlängst abgeschlossenen Pilotphase des „Innovationsprogramms für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen (IGP)“ hat unter anderem das Potenzial von staatlich geförderten Programmen zur Förderung nicht-technischer und multidisziplinärer Innovationen in Bereichen wie Design digitaler Plattformen bis hin zu Social Investment nachgewiesen.

E5.1 Die Zusammenarbeit von Universitäten mit der Industrie fördern und Forschungsinstitute dabei unterstützen, eine führende Rolle in der Übergangsphase auf dem Weg zur Verwirklichung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ zu übernehmen. Ein Teil der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ sollte darin bestehen, das Verhältnis zwischen Forschungsinstituten und der Industrie neu zu strukturieren, um sicherzustellen, dass es den Wissenstransfer und die Kollaboration zu Innovationszwecken in Bereichen von zukünftiger Bedeutung unterstützt und zugleich einen „Ökosystem-orientierten“ Innovationsansatz begünstigt. Zu diesem Zweck sollten die Beiträge von Innovationsakteur*innen zum Wissenstransfer und zur Zusammenarbeit eine formelle Säule der institutionellen Zuständigkeiten von Forschungsorganisationen in Deutschland bilden, wobei eine Informations- und Ausbildungskampagne diesen Wandel begleiten sollte. Eine solche Strategie würde dadurch begünstigt, dass die betreffenden Ziele in eine leistungsorientierte Finanzierung eingebettet und ein System von Evaluierungsindikatoren entwickelt werden, einschließlich qualitativer Evaluierung, um die Sichtbarkeit der einschlägigen Programme zu verbessern. Die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ könnte überdies einen formellen Mechanismus zwischen dem in Empfehlung 1 vorgeschlagenen Labor und dem Hochschulsystem etablieren, um die Forschungsinstitute in die deutschen Transformationsprozesse einzubinden, unter anderem durch Beiträge zu den Umweltentwicklungszielen.

E5.2 Den Aufbau von universitären Proof-of-Concept-Fonds anregen und ermöglichen, um Ausgründungen und Start-ups aus dem Hochschulbereich zu unterstützen. Im Wege ihrer Direktfinanzierung von FuE an Hochschulen sollte die Bundesregierung die Einrichtung von Proof-of-Concept-Fonds innerhalb der Universitäten anregen, die durch Beiträge aus der Industrie ergänzt werden könnten. Diese Fonds dürften den Technologietransfer beschleunigen und neue Ideen zur Marktreife bringen. Zu diesem Zweck sollte die Regierung rechtliche Möglichkeiten erwägen, die es Universitäten gestatten und leichter machen würden, unmittelbar mit externen Finanzakteuren in Kontakt zu treten, so beispielsweise mit Risikokapitalfirmen und dem Bankwesen im Allgemeinen, wie es derzeit von Hochschulen in Ländern wie Belgien, Dänemark und

dem Vereinigten Königreich unternommen wird. Zudem sollte die Regierung einen langfristigen Ansatz für die Überwachung und Bewertung des Aufbaus von Proof-of-Concept-Programmen an Hochschulen verfolgen – ein Luxus, der dem Privatsektor (insbesondere den KMU) nicht zu Gebote steht.

E5.3 Anreize für Wissenschaftler*innen zur Aufnahme von Innovationsaktivitäten verstärken. Politische Entscheidungsträger und Universitäten müssen bessere Anreize für Wissenschaftler*innen zu Aufnahme innovativer Tätigkeiten setzen und die hier einschlägigen Hemmschwellen abbauen. Die Etablierung einer transparenten Leistungsevaluierung auf institutioneller und Forscher-Ebene unter Berücksichtigung von Wissenstransfer und Kollaborationen wird in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielen. Hierzu zählt die Sensibilisierung auf Unternehmerseite und ein höherer Bekanntheitsgrad unter Studierenden sowie Dozent*innen, um insbesondere zu gewährleisten, dass die Mitglieder des Lehrkörpers zur Unterstützung von Studierenden ermuntert werden, die mit Ideen an sie herantreten, oder auch selbst dazu angeregt werden, eigene Ideen zu entwickeln und zu verfolgen. Wissenschaftler*innen sollten Anreize erhalten, Entsendungen in den industriellen Sektor wahrzunehmen. Zugleich sollten die Regierung und das Hochschulsystem finanzielle Anreize setzen (beispielsweise Kapitalbeteiligungsrechte und Lizenzeinnahmen) und Hemmnisse für universitätsinterne Start-ups abbauen.

E5.4 Multidisziplinäre und unternehmerische Ausbildung innerhalb des gesamten Bildungssystems unterstützen, um Unternehmergeist sowie Ausgründungen und Spin-in-Unternehmen zu fördern. Ausbildungsmaßnahmen sollten zudem inklusiv ausgelegt sein und Gruppen aus allen Teilen der Gesellschaft ansprechen. Die Bundesregierung sollte die Inklusion unterrepräsentierter Gruppen wie Frauen und Migranten im Wissenschaftsbereich bei der Aufnahme von Innovationstätigkeiten fördern, von der Mitwirkung an Ausgründungen aus dem Wissenschaftsbereich bis hin zur Leistung von Beiträgen zu Wissenstransfer und Kollaborationen. Hochschulbasierte „Spin-in“-Unternehmen, die Forschende mit Unternehmer*innen in Kontakt bringen, können ein effizienter Weg sein, um komplementäre Fähigkeiten für Innovationen zu nutzen, statt alle Forschenden in eine Unternehmerrolle drängen zu wollen.

E5.5 Rechenschaftspflicht stärken und einen Rahmen zur Leistungsmessung entwickeln. Die Bundesregierung sollte die Erstellung eines zentralen Satzes von Indikatoren zur Evaluierung für den Wissenstransfer und Mechanismen für eine regelmäßige jährliche Berichterstattung fördern. Dies setzt die Stärkung der Erstellung von Indikatoren zur Evaluierung auf institutioneller Ebene durch Einführung einer Berichtskultur und damit verbundener Prozesse voraus, sowie eine Erhebung ganzheitlicherer Indikatoren einschließlich einer qualitativen Evaluierung (d.h. Pfade und Beispiele) und neue Handlungsansätze zur Folgenabschätzung des Wissenstransfers.

E5.6 Chancen für eine offene Innovation und kreative Kollaboration erhöhen. Deutsche KMU könnten von weiteren Initiativen für offene Innovation und kreative Kollaboration profitieren. Zu diesen Initiativen zählen gemeinsame Innovationslabore (und gemeinsam genutzte oder finanzierte Infrastruktur und Geräte), digitale Innovationszentren, offene Innovationsplattformen, offene FabLabs, sowie Test- und Demonstrationsplattformen, Reallabore und Hackathons. Kreative Kollaborations- und Innovationslabore können die Form von Digitallaboren oder virtuellen Laboren annehmen und Forschungs- und Datenaustausch, gemeinsame Gestaltung und Erstellung von Lösungen sowie deren Pilot- und Testphase ermöglichen. Eine solche Bündelung unterschiedlicher Kompetenzen könnte die Infrastruktur- und Forschungskosten signifikant senken und die Entwicklung beschleunigen.

Maßgebliche globale Erfahrung

Internationale Erfahrungen haben gezeigt, dass es vielfältige Wege zur Begünstigung des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Forschung auf der einen und Industrie und Unternehmern auf der anderen Seite gibt. Zwar variieren diese Ansätze, doch weisen sie eine Reihe von Leitmotiven auf, die im Folgenden dargestellt werden.

Die Verbesserung von Netzwerken und Mobilität zwischen den WTI-Akteuren ist ein wesentlicher Beitrag zur Förderung effektiver Kollaboration. Dies lässt sich durch ein ausgewogeneres Verhältnis zwischen nachfrageorientierter Forschung und von Neugier (oder angebots-) geleiteter Forschung in öffentlichen Forschungseinrichtungen erreichen. Mechanismen für die formelle Konsultation zwischen Universitäten und Akteuren aus der Industrie/den KMU sowie die Mitwirkung von Universitäten an regionalen/nationalen Agenden für Innovation/Wettbewerbsfähigkeit können dazu beitragen, Forschungsprioritäten und -agenden zu bestimmen. Gleiches gelingt auch durch eine begünstigte sektorübergreifende Mobilität (d. h. zwischen Wissenschaft, Industrie und Regierung bzw. Verwaltung) von Forschenden, einschließlich in Richtung der KMU, mithilfe von Kooperationsprojekten, Entsendungen in die Industrie und Sabbaticals sowie durch die Anerkennung von Forschungsleistungen in Karriere- und Forschungsevaluierungen. Ein Seitenwechsel zwischen Industrie und Wissenschaft im Wege von Entsendungen in die Industrie, gemeinsamen FuE-Projekten und Sabbaticals muss für die Forschenden einfacher und attraktiver werden.

Ein praktisches Beispiel ist das „Knowledge Transfer Partnership Programme“ (Programm für Partnerschaften im Wissenstransfer) aus dem Vereinigten Königreich. Partnerschaften im Wissenstransfer ermöglichen es Unternehmen, sich wissenschaftliches Fachwissen zu erschließen, indem die betreffenden Unternehmen mit geeigneten Partneruniversitäten zusammengebracht werden. Auf diese Weise kann das jeweilige Unternehmen Wissen, Technologie oder Kompetenzen innerhalb der Universität abrufen, um eine strategisch wichtige geschäftliche oder technische Frage zu lösen, während die Forschenden ihre Forschung erproben, anwenden und in ein industrielles Umfeld transferieren können. In der Regel wird ein*e angemessen qualifizierte*r Absolvent*in oder Doktorand*in damit betraut, das strategische Projekt unter Anleitung und mit staatlicher Finanzierung durchzuführen. Die Unternehmen leisten dabei einen Finanzierungsbeitrag, der durch einen Förderbeitrag von Innovate UK in gleicher Höhe ergänzt wird. Die begünstigte Firma erhält eine Vollzeitkraft (assoziierte*r Mitarbeiter*in für die Partnerschaft im Wissenstransfer) und laufende Unterstützung durch zwei Wissenschaftler*innen mit einschlägigem Fachwissen zur Beaufsichtigung des Projektfortschritts. Der*die assoziierte Mitarbeiter*in steht weiterhin im Dienst der Universität, arbeitet jedoch ganz oder teilweise am Firmenstandort (entsprechend den dortigen Bestimmungen und Auflagen), um sicherzustellen, dass neues Wissen und Innovationen in das Unternehmen Eingang finden.

Vereinfachte Schnittstellen zwischen den Akteuren in Wirtschaft und Forschung können den Transfer und die Zusammenarbeit erleichtern. Es ist unerlässlich, nutzerfreundliche Schnittstellen zu entwickeln, die Kommunikation der Forschung mit den KMU zu verbessern und die Sichtbarkeit der Forschungskompetenz und -ergebnisse (beispielsweise mithilfe digitaler Plattformen) zu erhöhen. In gleicher Weise sollten die Anpassung von Vermittlungsstrukturen (beispielsweise in Universitäten) an ein breiter aufgestelltes Innovationsportfolio sowie die Vermittlung geeigneter Partner dazu beitragen, Chancen für den Wissenstransfer intensiver zu nutzen (z. B. Cluster/regionale Plattformen, regionale Innovation sowie Städte/Verwaltungen). Beispiele sind u. a. „Interface“, das Drehkreuz für Wissensvermittlung der Universität Edinburgh, und das strategische Netzwerk der Universität Barcelona, in dem strategische Netzwerk-Einheiten (d. h. clusterorientierte Wissenstransfereinheiten) die Konnektivität durch Mobilitätskontakte, Partnervermittlung und Verbindungen mit Innovationsnetzwerken oder -clustern und Verwaltungsstellen (beispielsweise die Regionalregierung, Städte, Reallabore, offene Innovationsplattformen und Hackathons) vorantreiben.

Im Kontext übergangsbedingter Herausforderungen ist es besonders wichtig, die multidisziplinäre und sektorübergreifende Zusammenarbeit zu fördern. In Deutschland, wie auch in anderen OECD-Ländern, besteht Bedarf nach der Ermöglichung zusätzlicher interdisziplinärer und multidisziplinärer Zusammenarbeit im Wissenstransfer und generell im Forschungsbereich. Sofern aktuelle Betriebsmodelle für den Wissens- und Technologietransfer die multidisziplinäre Zusammenarbeit nicht begünstigen, müssen bestehende Hindernisse beseitigt und eine erhöhte Beteiligung von Akteuren aus neuen Sektoren und Regionen angeregt werden. Praktische Beispiele aus der Industrie belegen, dass sektorübergreifende Kontakte zu Komplementaritätsgewinnen führen – insbesondere bei der Bewältigung komplexer Herausforderungen – und die gegenseitige Bereicherung durch Ideenaustausch fördern (z. B. Montresor und Quatraro (2017^[2])).

Die Anzahl sektorübergreifender Innovationsplattformen und -programme in den OECD-Ländern ist gestiegen. Im Vereinigten Königreich wirkt das „Cross-Sector Battery Systems Innovation Network“ (Sektorübergreifendes Innovationsnetzwerk für Batteriesysteme) als kollaborative Gemeinschaft von Technologieentwicklern und Endnutzern aus einer Vielzahl von Sektoren. Das „Cross-Sector Innovation Programme in Defence“ (Sektorübergreifendes Innovationsprogramm im Verteidigungsbereich) unterstützt seinerseits die Verknüpfung und Verwertung von Wissen des Verteidigungssektors mit dem anderer Sektoren, um die Versorgungskette für Verteidigung im Vereinigten Königreich durch Schaffung von „Verwertungspfaden“ zu erweitern. Mit dem Einsatz einer offenen Innovationsplattform zielt das Programm darauf ab, Chancen zur gemeinsamen Entwicklung und Anwendung neuer Technologien zur Anhebung der Exportleistung des Sektors zu schaffen. Auf europäischer Ebene soll das Programm GreenOffshoreTech (Horizon 2020) die Innovationstätigkeit in KMU und die Entwicklung von Wirtschaftszweigen der „blauen Wirtschaft“ durch Förderung sektorübergreifender und grenzüberschreitender Wertschöpfungsketten stärken und gemeinsame Herausforderungen mithilfe neuer Technologien angehen. Gleichermaßen floriert auch die grenzüberschreitende Kollaboration zwischen Clustern, Unternehmen und Städten, um gemeinsame Innovationsfragen zu adressieren.

Politische Entscheidungsträger*innen müssen verbesserte Anreize für Ausgründungen aus der Wissenschaft setzen. Neben der Sensibilisierung des wissenschaftlichen Personals für unternehmerische Chancen sollten tertiäre Bildungseinrichtungen und öffentliche Forschungseinrichtungen flexiblere Karriereverläufe ihrer Forschenden, und Wissenschaftler*innen fördern. In der Wissenschaft Beschäftigte benötigen häufig höhere Anreize für eine Mitwirkung am Wissenstransfer, insbesondere in den Fällen, in denen dies nicht Teil des Auftrags oder des Leitbilds ihrer jeweiligen Institution ist. Durch die klare Bestimmung und Hervorhebung von Aktivitäten des Wissenstransfers in den Evaluierungsrahmen für wissenschaftliche Fachkräfte, Forschende, Lehrende und deren Institutionen können u. U. weitere Anreize zur Beteiligung an diesen Aktivitäten gesetzt werden.

Ein starkes Netzwerk von Vermittlungsinfrastrukturen stützt den Wissenstransfer. Unternehmen und in der Forschung tätige Organisationen greifen häufig auf Vermittler in Gestalt von Wissenstransferstellen zurück, um die Finanzierung und den Informationsfluss im Rahmen von Wissenstransferaktivitäten zu erleichtern. Solche Wissenstransferstellen und sonstige Vermittler sehen sich häufig einer Reihe von Herausforderungen bei der Anwerbung, Bindung, Aus- und Weiterbildung von Fachkräften im Wissenstransfer gegenüber. Eine größere Attraktivität dieser Einrichtungen aus der Perspektive von Fachkräften, u. a. durch bessere Ausbildungs- und Akkreditierungsprogramme, könnte eine effektivere Koordination zwischen den verschiedenen Akteuren des Wissenstransfersystems unterstützen.

Wie bereits in Kapitel 7 ausgeführt, ist es unerlässlich, die Finanzierung in der Vorgründungs- und Zwischenphase zu verbessern, um den Technologietransfer zu unterstützen. Viele der in den Wissenstransfer eingebundenen Projekte sind häufig vorkommerziell. Eine bessere Abstimmung zwischen privater und öffentlicher Finanzierung und den Zielen der Wissenstransferprogramme könnte die Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen mit hohem Potenzial bis zur Produktreife beschleunigen und ausweiten.

Die Aufforderung zur offenen Innovation und kreativen Kollaboration ist besonders wichtig für die Innovation im Umfeld der ökologischen und digitalen Transformation. Diverse Programme in den OECD-Ländern konzentrieren sich zunehmend auf einen offenen und ko-kreativen Ansatz zur Schaffung von Wissen. Hierzu zählen die Catapult Centres im Vereinigten Königreich (beispielsweise Catapult-Zentren für „digitale und hochwertige Fertigung“ und „fortschrittliche Montage“, die sehr stark auf den Technologietransfer von KMU ausgerichtet sind) und die offene Plattform MUSP in Italien (in der Region Emilia-Romagna) für fortgeschrittene technologische Dienstleistungen in der Herstellung von Werkzeugmaschinen.

13.1. Eine Einführung zum Wissenstransfer in Deutschland

13.1.1. Überblick

Wissenstransfer ist zwar ein recht weit gefasstes Konzept, doch das Ziel ist im Allgemeinen recht eindeutig: Es soll sichergestellt werden, dass das WTI-System die Umwandlung vielversprechender Forschungsergebnisse in sinnvolle sozioökonomische Innovationen erleichtert. Daher müssen deutsche Programme und Politikmaßnahmen sich mit einer Reihe miteinander zusammenhängender Fragen befassen, so z. B.: Wie lassen sich weitere Unternehmen dazu anregen oder in die Lage versetzen, am Wissenstransfer teilzunehmen? Wie können politische Entscheidungsträger*innen die Kommerzialisierung öffentlicher Forschung am besten unterstützen, den Beitrag der tertiären Bildungseinrichtungen zum Wissenstransfer erhöhen und den Einfluss des Wissenstransfers auf die Innovationstätigkeit messen (Kasten 13.1)?

Kasten 13.1. Messung des Wissenstransfers

Eine Messung der Effektivität und Leistungsfähigkeit des Wissenstransfers ist, wie in anderen Bereichen des WTI-Systems, kompliziert. Während dieser Abschnitt des Berichts in erster Linie die aktuellen Kanäle des Wissenstransfers in Deutschland aufzeigt, lassen sich Kapitel 4 einige seiner Leistungsindikatoren – beispielsweise für die Leistung im Bereich der kollaborativen Forschung – entnehmen.

Bei der Messung der Auswirkungen des Wissenstransfers neigt die Forschung dazu, eine Kombination der folgenden Messdaten einzusetzen:

- Daten aus Erhebungen und Fallstudien
- Patentdaten
- Publikationsdaten
- Daten von Umfragen in der Erwerbsbevölkerung und bei Hochschulabsolvent*innen

Jeder dieser Ansätze hat seine Vor- und Nachteile. Eine ausführliche Darstellung der Stärken und Schwächen lässt sich früheren OECD-Publikationen entnehmen, beispielsweise dem WTI-Bericht 2019 der OECD zum Wissenstransfer von Universitäten zur Industrie, *University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options* (OECD, 2019^[3]).

Quelle: OECD (2019^[3]), *University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options*, <https://doi.org/10.1787/e9c1e648-en>.

Politische Entscheidungsträger*innen in Deutschland haben Programme und Initiativen zur Begünstigung des Wissenstransfers ins Leben gerufen. Mit Stand 2022 verfügt Deutschland über 60 laufende, öffentlich finanzierte, von der Politik ins Leben gerufene Initiativen, die einem Anteil von 26 % aller in der EU-OECD STIP Compass Database aufgelisteten deutschen WTI-Initiativen entsprechen (OECD, o. J.^[4]). Wie auch

in anderen Bereichen des WTI-Maßnahmenspektrums sind die Transferprogramme in Deutschland gut ausgestattet. Von den oben erwähnten 60 Initiativen weisen 7 ein Budget im Umfang von 50–100 Mio. EUR auf, 4 verfügen über ein Budget von 20–50 Mio. EUR, während nahezu die Hälfte der Programme (28) Budgets von 1–20 Mio. EUR verzeichnet (OECD, o. J.^[4]). Im internationalen Vergleich hat Frankreich, die zweite am stärksten industrialisierte Volkswirtschaft der Europäischen Union, 27 Initiativen vorzuweisen, von denen 1 (die französische Cluster-Initiative aus dem Jahr 2005) über ein Budget von 100–500 Mio. EUR, 6 über ein Budget von 50–100 Mio. EUR, 2 über 20–50 Mio. EUR und 4 über 1–20 Mio. EUR verfügen.

Die am häufigsten wiederkehrenden Instrumente im deutschen Maßnahmenkatalog für den Wissenstransfer sind Projektfördermittel für die öffentliche Forschung und Fördergelder für den Privatsektor zugunsten betrieblicher FuE. Netzwerk- und kollaborative Plattformen für den Wissenstransfer sind das am dritthäufigsten genutzte Instrument. Etliche der oben beschriebenen Instrumente werden über Deutschlands ausgereiften und gut ausgeprägten institutionellen Rahmen für den Wissenstransfer verwaltet, der in seinen Umrissen im Folgenden dargestellt wird.

13.1.2. Der institutionelle Rahmen für den Wissenstransfer in Deutschland

Deutschland hat ein gut ausgebautes und umfangreiches Netzwerk von Forschungsorganisationen, die häufig mit Industrieverbänden zusammenarbeiten, um den Forschungs- und Wissenstransfer in Richtung Industrie durch eine Reihe von Kanälen zu unterstützen (Kasten 13.2). Fünf Hauptgruppen von Akteuren und Institutionen, deren Merkmale im Folgenden erläutert werden, sind am Wissenstransfer beteiligt.

Technische Universitäten (TU)

Deutschland zählt rd. 20 Technische Universitäten. Diese Einrichtungen unterscheiden sich von den allgemein ausgerichteten Universitäten in erster Linie durch ihre Rolle für den Wissenstransfer. Sie betreiben große ingenieurwissenschaftliche Fakultäten, die generell ihren Schwerpunkt auf die angewandte Forschung legen. Durch die Ausbildung von Ingenieuren, die im Allgemeinen nach ihrem Abschluss der Industrie zustreben, pflegen diese Einrichtungen typischerweise enge Verbindungen zum Privatsektor. Zudem erfordert eine Professur an einer TU im Allgemeinen auch Industrieerfahrung, was auch Erfahrung in privatsektorieller FuE mit einschließt. Die betreffenden Fakultäten werden häufig über FuE-Aufträge der Industrie finanziert, einschließlich einer gemeinsamen Betreuung akademischer Abschlussarbeiten von Industrie- und Fakultätsseite. Schließlich sind TU-Professoren häufig an einer besonderen Art von wissenschaftlichem Unternehmertum beteiligt, den sogenannten „An-Instituten“, die FuE-Aufträge unabhängig von der Fakultät ausführen.

Fachhochschulen

Fachhochschulen sind seit den 1960er Jahren Bestandteil des deutschen Wissenstransfersystems. Sie entstanden damals durch die Aufwertung bestehender Ingenieurschulen und Fachschulen. Nach der Wiedervereinigung wurden Fachhochschulen in großer Zahl auch im Osten Deutschlands auf dem Gebiet der ehemaligen DDR eingerichtet. Ihre wichtigste Aufgabe ist es, den Unternehmenssektor und andere öffentliche und private Institutionen mit sektorspezifischen Kompetenzen auszustatten. Der überwiegende Schwerpunkt liegt auf den Ingenieurwissenschaften, Informatik und Managementkompetenzen, wobei die Absolvent*innen im Anschluss in diversen Unternehmensbereichen, u. a. FuE, beschäftigt werden. Die Finanzierung aus Bundesmitteln für die Fachhochschulen soll die angewandten Wissenschaften sowie den Wissens- und Technologietransfer weiterentwickeln und die Ausbildung der Studierenden fördern.

Nach Maßgabe des Hochschulrahmengesetzes, in dem der „Wissens- und Technologietransfer“ 1998 als dritte Mission von tertiären Bildungseinrichtungen definiert wurde, haben sich sowohl die TU als auch die Fachhochschulen ausdrücklich diesem Leitbild verpflichtet. Die meisten Fachhochschulen betreiben de facto separate Institute oder Gesellschaften (beispielsweise Institute für angewandte Forschung), die sich dem Wissenstransfer widmen.

Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft konzentriert sich ganz überwiegend auf den Technologietransfer und ist die wichtigste öffentliche Forschungseinrichtung innerhalb des deutschen Wissenstransfersystems. Sie ist überdies Europas größte und erfolgreichste Organisation für angewandte Forschung und Technologietransfer. Wie die Max-Planck-Gesellschaft und die Helmholtz-Gemeinschaft ermöglicht es auch die Fraunhofer-Gesellschaft den Unternehmen, teure Grundlagenforschung auszulagern, womit sich sowohl das mit der Entwicklung neuer Produkte verbundene finanzielle Risiko als auch die FuE-Kosten verringern. Kapitel 4 behandelt die Führung und Finanzierung dieser Institutionen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft umfasst mehr als 80 Forschungseinheiten (Institute), die jeweils auf ein bestimmtes Technologiefeld spezialisiert sind. Die Gesellschaft ist im Laufe der Zeit erheblich gewachsen und beschäftigte im Jahr 2019 rd. 19 200 Vollzeitkräfte, im Vergleich zu 7 300 im Jahr 2000. Rund ein Drittel ihres Jahresbudgets von 2,8 Mrd. EUR stammt aus der institutionellen Förderung (90 % von der Bundesregierung, 10 % von den Ländern), ein Drittel aus Forschungsaufträgen der Industrie und das verbleibende Drittel aus sonstigen Finanzierungsprogrammen wie beispielsweise dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) oder Initiativen auf EU-Ebene.

Wie die in Kapitel 4 behandelte Leibniz-Gemeinschaft bedient die Fraunhofer-Gesellschaft in erster Linie KMU (65 % ihrer Auftraggeber im Privatsektor), denen sie Zugang zur Spitzenforschung verschafft (Fraunhofer, o. J.^[5]). Im Zeitraum von 2015–2018, waren 77 % der Industriepartner von Fraunhofer im Rahmen von öffentlich finanzierten Projekten KMU, weitere 11 % mittelgroße Unternehmen mit 500–5 000 Mitarbeitenden und lediglich 3 % große Unternehmen mit mehr als 5 000 Mitarbeitenden (Frietsch et al., 2022^[6]). Die Zusammenarbeit zwischen den Fraunhofer-Instituten und der Industrie – und insbesondere den KMU – wird durch öffentliche FuE-Programme unterstützt. In den meisten Technologieprogrammen des Bundes zur Finanzierung von Verbundforschung sind Fraunhofer-Institute (gemeinsam mit den TU) die am häufigsten gewählten wissenschaftlichen Partner.

Verbundforschungseinrichtungen der Industrie

Obwohl Verbundforschungseinrichtungen kein formeller Bestandteil des Wissenschaftssystems sind, spielen sie im Rahmen des Wissenstransfersystems eine wichtige Rolle. Diese Einrichtungen betreiben wissenschaftsbasierte angewandte Forschung (darin den öffentlichen Forschungsorganisationen vergleichbar) und werden von zwei Spitzenverbänden vertreten.

Der erste ist die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), die im Jahr 1954 als Industrieinitiative zur Förderung branchenspezifischer FuE gegründet wurde, um die Innovationstätigkeit von KMU zu unterstützen. Heute zählt die AiF 100 Mitgliedsorganisationen, die sich jeweils auf eine Branche oder einen Anwendungsbereich (häufig außerhalb der Hochtechnologiebranchen, beispielsweise auf bestimmte Werkstoffe) konzentrieren. Einige davon verfügen über eigene Forschungsinstitute, während andere als Dachorganisationen fungieren, um FuE-Projekte innerhalb ihres Fachgebiets zu koordinieren. Die FuE-Aktivitäten der AiF-Mitgliedsorganisationen werden in erster Linie aus dem Bundesprogramm Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) gefördert. Im Jahr 2020 stellte die IGF 201 Mio. EUR für FuE-Projekte bereit (AiF, 2022^[7]).

Der zweite Spitzenverband ist die Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse. Als vergleichsweise junger Neuzugang zum Wissenstransfersystem in Deutschland wurde die Zuse-Gemeinschaft im Jahr 2015 von nicht gewinnorientierten Forschungsinstituten des Privatsektors gegründet, die sich auf branchenspezifische industrielle FuE spezialisiert hatten. Die Zuse-Gemeinschaft legt ihren Schwerpunkt auf die auftragsgebundene FuE für KMU und verfolgt einen bundesweiten Ansatz, obwohl viele ihrer Gründungsmitglieder regional in Ostdeutschland ansässig sind, wie die meisten Institute, die aus den FuE-Einheiten von Staatsunternehmen und Forschungszweigstellen der ehemaligen DDR hervorgegangen sind. Während die AiF sich (im Wege des IGF-Programms) auf die Verwaltung der FuE-Projekte ihrer Mitgliedsorganisationen konzentriert, ist die Zuse-Gemeinschaft stärker politikorientiert und

fördert die gemeinsamen Interessen ihrer Mitglieder in politischen Kreisen. Die Gründungsinstitute der Zuse-Gemeinschaft wurden seit 1990 durch spezielle FuE-Programme der Bundesregierung unterstützt, um die Wissensinfrastruktur im östlichen Teil Deutschlands aufrechtzuerhalten und die Innovationstätigkeit in KMU zu fördern. Das Förderprogramm „INNO-KOM“ (diesbezüglich sind weitergehende Informationen Kapitel 5 zu entnehmen) läuft nach wie vor und wurde im Jahr 2017 über Ostdeutschland hinaus ausgedehnt, um auch nicht gewinnorientierte industrielle FuE-Institute in strukturschwachen westdeutschen Regionen zu unterstützen (wie in der Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur festgelegt). Im Rahmen des Programms werden jährlich rd. 75 Mio. EUR für FuE-Projekte und FuE-bezogene Investitionen bereitgestellt. Der Wissenstransfer erfolgt durch auftragsbezogene FuE für KMU und andere Unternehmen, jeweils auf Grundlage der durch die öffentlich finanzierten Projekte gewonnenen Erkenntnisse und Technologien.

Mittlerorganisationen

Die oben genannten Organisationen und Institutionen werden durch private, unabhängige Dienstleister (beispielsweise Ascenion GmbH, Atrineo AG, PROvendis GmbH und TransMit) sowie durch Branchenverbände ergänzt. Diese Organisationen unterstützen KMU und Branchen bei der Kontaktaufnahme mit Forschungspartnern, sowie bei sonstigem Bedarf in Verbindung mit dem Technologietransfer. Ein breites Netzwerk von Technologietransferstellen innerhalb der Universitäten unterstützt Forscher bei den Verfahren zur Patentierung, bei Auftrags- und Vertragsabschlüssen sowie bei der Kommerzialisierung von Technologien. Wissenstransferstellen wurden an den deutschen Universitäten während der 1980er und 1990er Jahre eingerichtet, als die Debatte über den Wissenstransfer an Intensität zunahm. Seit der Reform des patentbasierten Technologietransfers an tertiären Bildungseinrichtungen zu Beginn der 2000er Jahre (Abschaffung des sogenannten „Professorenprivilegs“) hat sich eine wachsende Zahl von Organisationen und Infrastruktureinrichtungen herausgebildet, um den Transfer von Technologie und Forschungsergebnissen zwischen der öffentlichen Forschung und Unternehmen zu ermöglichen. Beträchtliche Herausforderungen innerhalb des Hochschulsystems in seiner Gesamtheit bleiben jedoch bestehen (beispielsweise die Schaffung von Anreizen für Forschende und die Verwaltung von Technologietransferstellen sowie Fragen der Nachhaltigkeit), und die meisten Transferaktivitäten gehen nach wie vor von einzelnen Lehrstühlen und Instituten statt von Fakultäten oder der Universitätsleitung aus. Zusätzlich zu den spezialisierten Dienstleistern für den Wissenstransfer existieren in Deutschland zwei bedeutende Verbände für den Wissenstransfer: Transfer Allianz e.V. und Forschungs- und Transfermanagement e.V. (FORTRAMA).

13.1.3. Von deutschen Unternehmen genutzte Wissenstransferkanäle

Universitäten und öffentliche Forschungsorganisationen spielen eine Schlüsselrolle im nationalen Innovationsumfeld als Quellen wissenschaftlicher Erkenntnis und neuer bahnbrechender Technologien, die ihren Weg in die Industrie finden und dort die Innovationstätigkeit unterstützen können. Der Wissens- und Technologietransfer kann vielerlei Formen annehmen. Zu den häufigsten Ansätzen zählen Mobilität und Ausbildung von Forschenden, kollaborative FuE, auftragsgebundene FuE und Patentlizenzierung. Der Wissenstransfer kann auch in informeller Form erfolgen, beispielsweise als Zugang zu wissenschaftlichen und technischen Publikationen oder zu Branchentreffen und Messen (Kasten 13.2).

Deutschland verfügt über eine starke Präsenz von Forschenden (Doktoranden) mit Beschäftigung im Wirtschaftssektor. Den Daten des OECD STI Scoreboards für das Jahr 2021 zufolge waren rd. 62 % aller Forschenden im Jahr 2019 in privaten Unternehmen beschäftigt, der OECD-Durchschnitt liegt demgegenüber bei 50 % (OECD, o. J.^[8]). Diese Intensität entspricht der in Frankreich, Österreich und Dänemark, während Länder wie Schweden, Japan und Korea Werte von über 70 % aufweisen.

Kasten 13.2. Kanäle für den Wissenstransfer

Kanäle für den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Industrie können sowohl formellen als auch informellen Charakter haben. Zu den formellen Kanälen zählen die folgenden:

1. **Kollaborative Forschung** bezieht sich auf Forschungsprojekte, die gemeinsam von Forschenden in öffentlichen Institutionen und Privatunternehmen durchgeführt werden und ganz oder teilweise von der Industrie finanziert werden. Sie können von Kleinprojekten bis hin zu strategischen Partnerschaften mit einer Vielzahl von Interessengruppen (beispielsweise öffentlich-private Partnerschaften) reichen.
2. **Auftragsbezogene Forschung** sind Forschungstätigkeiten, die ein Privatunternehmen bei Universitäten oder öffentlichen Forschungsinstituten in Auftrag gibt, die im Allgemeinen neue Erkenntnisse entsprechend den Leistungsvorgaben oder Zielen des Auftraggebers hervorbringen und häufig einen stärker anwendungsorientierten Charakter haben als die kollaborative Forschung.
3. **Wissenschaftliche Beratung** bezeichnet Forschungs- und Beratungsleistungen, die von Forschenden in öffentlichen Institutionen gegenüber Industriekunden erbracht werden.
4. **Transaktionen im Bereich des geistigen Eigentums** umfassen die Lizenzierung und den Verkauf von geistigem Eigentum, das an Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen geschaffen wurde, an die Industrie.
5. **Forschungsmobilität** bezieht sich sowohl auf Hochschulforschende mit einem Arbeitsverhältnis in der Industrie als auch auf den umgekehrten Fall, einschließlich befristeter Versetzungen und Entsendungen.
6. **Ausgründungen aus dem Hochschulbereich** bezeichnet die Gründung von Unternehmen zur Kommerzialisierung von Wissen, das in öffentlichen Forschungseinrichtungen entwickelt wurde.
7. **Mobilität von Arbeitskräften** bezieht sich auf Hochschulabsolvent*innen, die in der Industrie eine Anstellung finden.

Zu den informellen Kanälen des Wissenstransfers von der Wissenschaft zur Industrie zählen die folgenden:

8. Öffentlich finanzierte Forschungsergebnisse werden in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und sonstigen Fachmedien veröffentlicht.
9. Forschende an öffentlichen Einrichtungen und Industrieakteure interagieren und knüpfen bei formellen Konferenzen oder öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen Kontakte, u. U. auch in einem informelleren Umfeld (beispielsweise bei einem Treffen ehemaliger Kommiliton*innen, die nun in der öffentlichen Forschung oder in Industriesektoren beschäftigt sind).
10. Eine durch geografische Nähe begünstigte Netzwerkbildung bezeichnet Interaktionen zwischen Personal an öffentlichen Forschungseinrichtungen und Forschenden in der Industrie, die dadurch ermöglicht werden können, dass Technologieparks in der Nähe von Hochschulstandorten oder Firmenlabore innerhalb eines Universitätscampus verortet werden.
11. Industrie und öffentliche Forschung nutzen gemeinsame Anlagen (beispielsweise Labore und Geräte).
12. Universitäten bieten Schulungen und Weiterbildungsveranstaltungen für Unternehmen an, und Mitarbeitende aus der Industrie halten Vorträge oder Vorlesungen an Universitäten.

Die Vorteile einer Bewertung der Kanäle 1–8 bestehen darin, dass diese rückverfolgbar sind, da die entsprechenden Interaktionen Ergebnisse hervorbringen (beispielsweise Auftragsvereinbarungen, Patente, Personal), aus denen die bestehenden Formen von Zusammenarbeit und der jeweilige Umfang hervorgehen. Informelle Verbindungen sind demgegenüber wesentlich schwerer messbar, obwohl ihre Bedeutung erheblich ist.

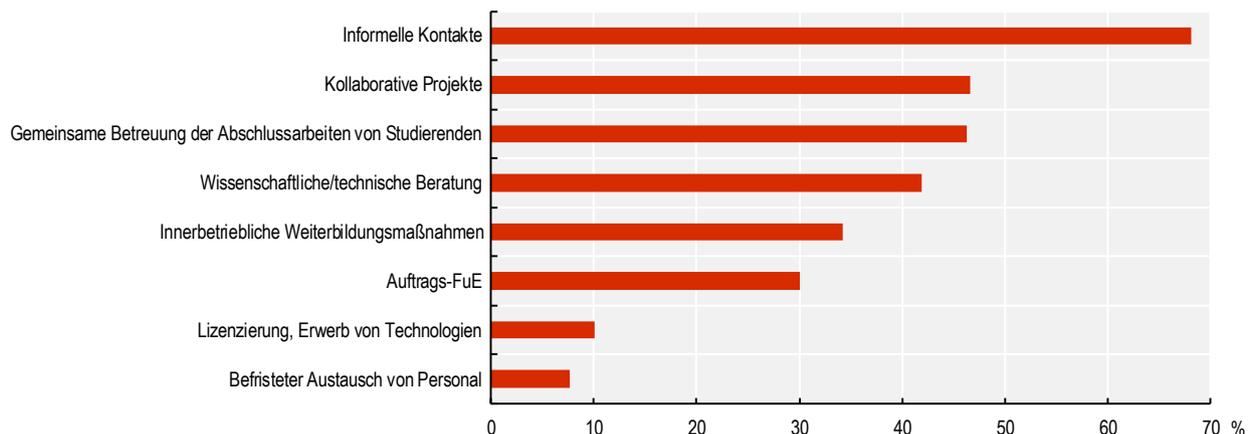
Quelle: OECD (2019^[3]), *University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options*, <https://doi.org/10.1787/e9c1e648-en>.

Die ZEW-Innovationserhebung („Mannheimer Innovationspanel“), bei der eine repräsentative Auswahl von Unternehmen befragt wird, lässt erkennen, dass 68 % aller mitwirkenden Firmen global auf den informellen Wissensaustausch setzen. Ein beträchtlicher Anteil (47 %) beteiligt sich auch an kollaborativen Projekten: Die häufigsten Formen der Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten sind die gemeinsame Betreuung studentischer Master- und Doktorarbeiten (46 %), gefolgt von der wissenschaftlichen und technischen Beratung (42 %) (Abbildung 13.1, Abbildung 13.2). Wie in anderen Ländern ist die am weitesten verbreitete Form der Zusammenarbeit mit öffentlichen Forschungseinrichtungen der informelle Kontakt; die Lizenzvergabe oder der Erwerb von auf wissenschaftlichen Erkenntnissen fußender Technologie (10 %) und der zeitlich befristete Personalaustausch (8 %) sind eher selten.

Mit Blick auf einen effektiven Zugang zu wissenschaftlichen Erkenntnissen von Wissenschaftsorganisationen stufen die mitwirkenden Unternehmen den Wirkungsgrad der auftragsbezogenen FuE als hoch ein, gefolgt von kollaborativen Projekten, wissenschaftlicher und technischer Beratung sowie Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitenden (Abbildung 13.1 und Abbildung 13.2). Die wenigen Unternehmen, die auf eine Lizenzvergabe oder den Technologieerwerb aus der Wissenschaft und den zeitweiligen Personalaustausch rekurren, halten solche Formen der Zusammenarbeit diesbezüglich nicht für sehr effektiv.

Abbildung 13.1. Formen der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft 2015–2017

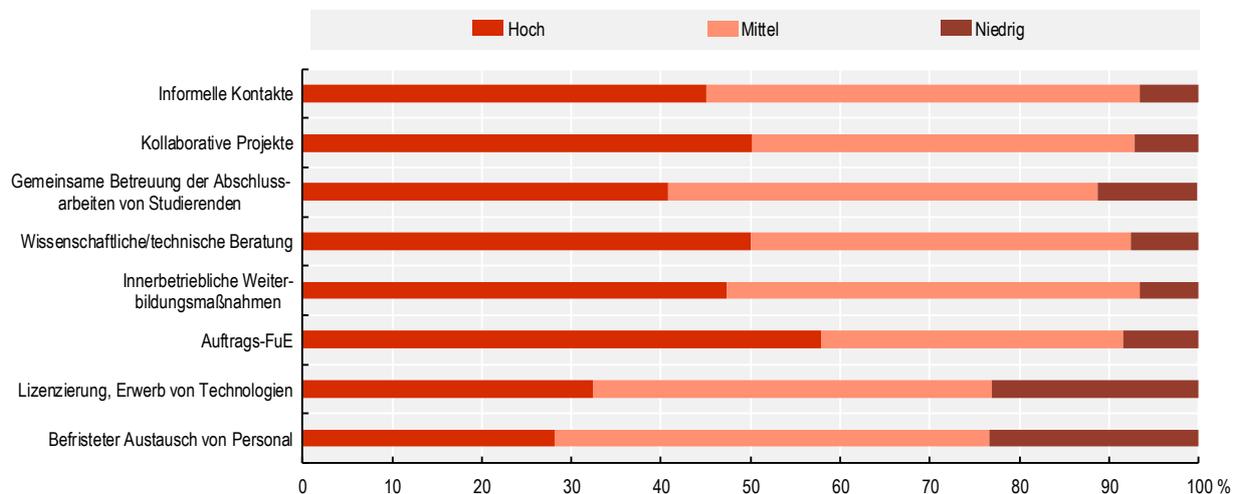
Anteil in allen Unternehmen, die mit Hochschuleinrichtungen/öffentlichen Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten (%)



Quelle: OECD-Berechnungen auf der Grundlage von ZEW (2021^[9]), Mannheimer Innovationspanel.

Abbildung 13.2. Bedeutung verschiedener Formen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit für den Zugang zu Erkenntnissen von Wissenschaftsorganisationen, 2015–2017

Anteil in allen Unternehmen, die die Form der Zusammenarbeit nutzen (%)



Quelle: OECD-Berechnungen auf der Grundlage von ZEW (2021^[9]), Mannheimer Innovationspanel.

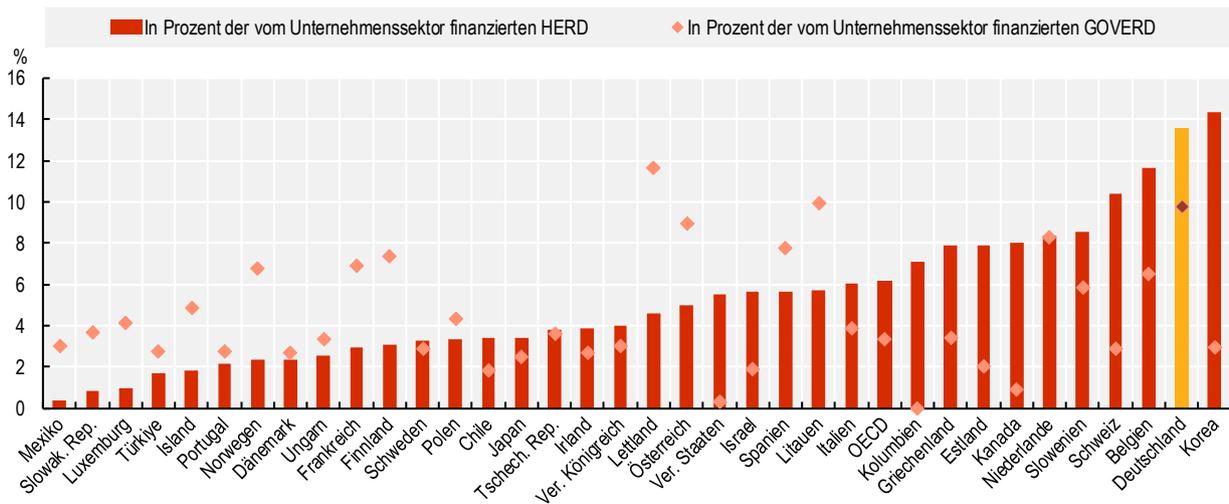
13.1.4. Vergabe von Forschungsaufträgen und Forschungszusammenarbeit

Deutschland nimmt bei der privatwirtschaftlichen Finanzierung der an tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Forschungsorganisationen durchgeführten FuE einen hohen Rang ein. An tertiären Bildungseinrichtungen werden 13,5 % der FuE durch den Privatsektor finanziert (einer der höchsten Werte im OECD-Raum), an öffentlichen Forschungsorganisationen sind es 10 % (Abbildung 13.3). Neben den tertiären Bildungseinrichtungen haben auch viele öffentliche Forschungsorganisationen wie beispielsweise die Steinbeis-Zentren und die An-Institute enge finanzielle Verbindungen zur Industrie im Wege der auftragsgebundenen und kollaborativen FuE. An Technischen Universitäten werden Dozentenstellen traditionell zum großen Teil über FuE-Aufträge finanziert, einschließlich der Betreuung von Abschlussarbeiten durch Fakultätspersonal und Unternehmen.

Der hohe Grad an Kooperation bedeutet jedoch nicht, dass sämtliche Firmen – insbesondere die kleineren – Wissenstransfer betreiben. Der ZEW-Innovationserhebung aus dem Jahr 2021 zufolge liegt die Neigung deutscher Unternehmen, mit Forschungsinstituten zusammenzuarbeiten, ungefähr auf der Höhe des OECD-Durchschnitts: 7,2 % der befragten Firmen gaben an, zwischen 2016 und 2018 die eine oder andere Form kollaborativer FuE oder sonstige Innovationsaktivitäten entweder mit tertiären Bildungseinrichtungen oder mit öffentlichen Forschungsorganisationen verfolgt zu haben (ZEW, 2021^[9]). Rund 38 % der innovativen großen Unternehmen führen kollaborative Forschung mit tertiären Bildungseinrichtungen oder öffentlichen Forschungsorganisationen durch, im Vergleich zu lediglich 17,5 % der innovativen KMU (Abbildung 13.4).

Zudem engagieren sich Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland häufiger in der kollaborativen FuE mit tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Forschungsorganisationen als Dienstleistungsunternehmen. Bei den Firmen in den Vereinigten Staaten und Frankreich lässt sich ein deutlich geringeres Branchengefälle beobachten. Im Unterschied dazu haben Start-ups offenbar engere Verbindungen mit öffentlichen Forschungsorganisationen als andere Unternehmen. So melden einer Erhebung zufolge (Kollmann et al., 2021^[10]) nahezu 80 % aller Start-ups gute oder sehr gute Zugangsbedingungen zu den Universitäten, und 55,4 % arbeiten aktiv mit Universitäten oder öffentlichen Forschungsorganisationen zusammen.

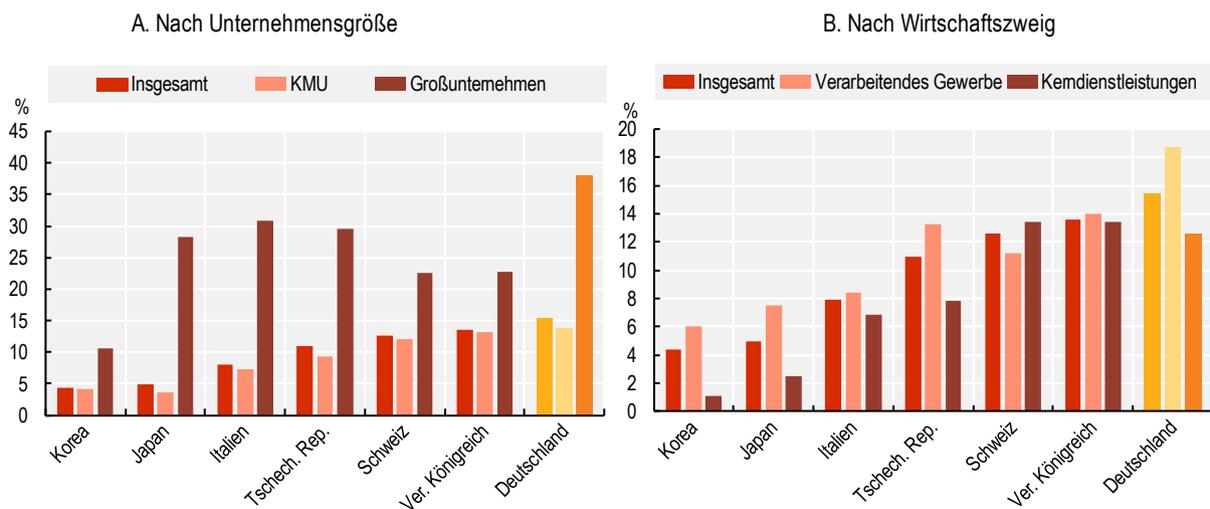
Abbildung 13.3. Industrielle Finanzierung von FuE in tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Institutionen, 2019



Quelle: OECD (o. J.[11]), „Main Science and Technology Indicators“, (Datensatz), <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. Mai 2022).

Abbildung 13.4. Unternehmen, die bei Innovationstätigkeiten mit Universitäten oder anderen Hochschuleinrichtungen zusammenarbeiten

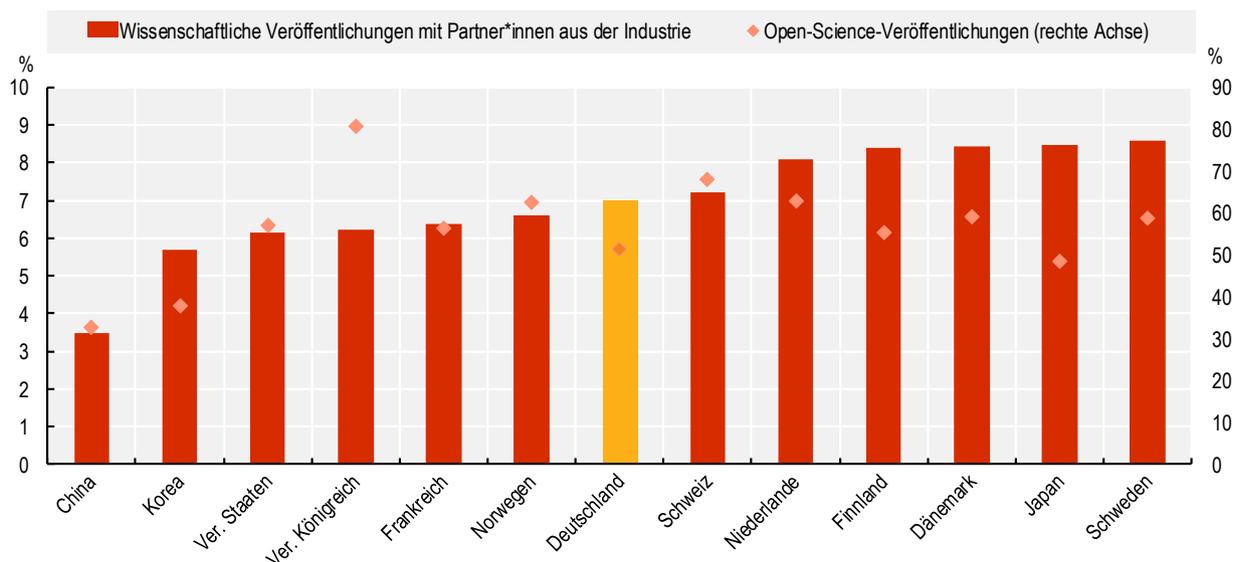
Als prozentualer Anteil der mit Innovation befassten Unternehmen innerhalb einer jeden Gruppierung



Quelle: OECD, auf der Grundlage der OECD-Statistik zur Innovation im Unternehmenssektor und der EU-weiten Innovationserhebung durch Eurostat (CIS-2018), <https://www.oecd.org/sti/inno-stats.htm>, April 2022.

Was die Forschungskollaborationen ausweislich der gemeinsamen Publikationstätigkeit mit Partnern aus dem Privatsektor anbelangt, hat sich der Anteil der Ko-Publikationen in Deutschland im Dreijahresdurchschnitt von 6,6 % im Zeitraum 2006-2009 auf 6,97 % während des Zeitraums 2015–2018 erhöht. Länder wie Dänemark, Finnland, Japan und Schweden vermelden geringfügig höhere Anteile an Veröffentlichungen aus gemeinsamer Feder von Universitäten und Industriepartnern (Abbildung 13.5). Die niedrigen Zahlen lassen die generell geringe Neigung von Universitäten erkennen, gemeinsame Forschung mit dem Privatsektor zu betreiben, insgesamt ein weltweit zu beobachtendes Phänomen.

Abbildung 13.5. Ko-Publikation von privatsektoriellen Stellen mit tertiären Bildungseinrichtungen und Publikationen im Rahmen der offenen Wissenschaft



Anmerkung: Die Rangfolge umfasst 1 176 Universitäten weltweit. Diese Universitäten wurden auf Basis der Zahl der von Web of Science indextierten Publikationen ausgewählt.

Quelle: CWTS Leiden Ranking (2020_[12]).

13.1.5. Lizenzvergabe und Patentierung: Chancen für Partnerschaften

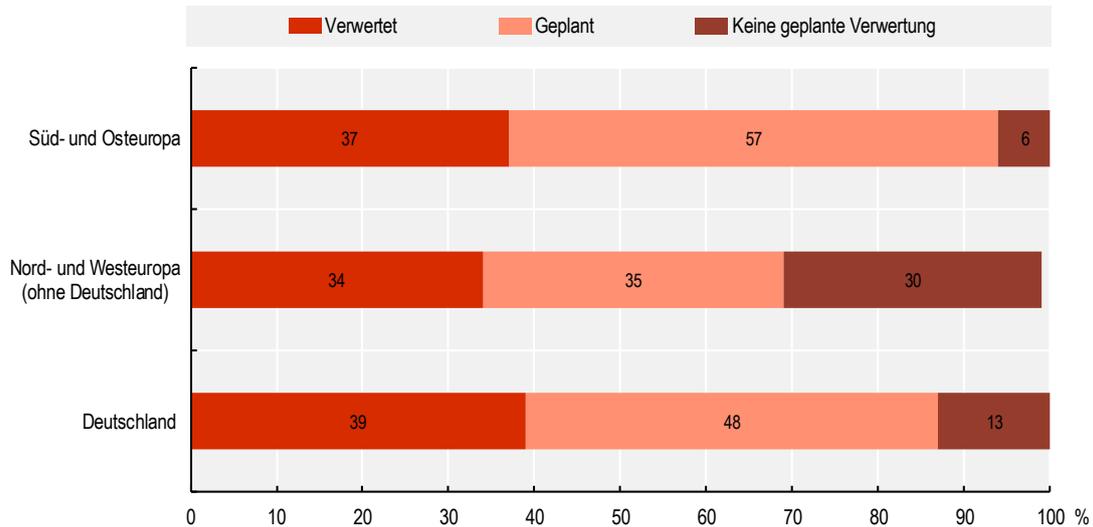
Eine unlängst durchgeführte Erhebung des Europäischen Patentamts (EPA), der eine Auswahl von Patenten öffentlicher Forschungsorganisationen zugrunde lag, lässt erkennen, dass deutsche öffentliche Einrichtungen rd. 39 % ihrer Erfindungen innerhalb von zwei Jahren nach Anmeldung eines Patents beim EPA verwerten, eine Quote, die leicht über dem Durchschnitt der anderen westeuropäischen Länder liegt (Abbildung 13.6) (EPA, 2020_[13]). Wie in anderen europäischen Ländern ist die Lizenzvergabe der mit Abstand am häufigsten beschrittene Kommerzialisierungspfad in Deutschland (84 % der Befragten), gefolgt von Patentverkäufen (26 %). Nur 7 % der deutschen Befragten beabsichtigten die Verwertung von Patenten im Wege einer FuE-Kooperation, gegenüber 23 % in anderen westeuropäischen Ländern.

Der Anteil der nicht verwerteten Patente ist jedoch nach wie vor beträchtlich. Bei rund der Hälfte (48 %) aller Erfindungen, für die im Erhebungszeitraum ein Patentschutz erwogen wurde, ist eine Kommerzialisierung geplant, jedoch noch nicht vollzogen; 13 % beabsichtigen von vornherein keine Verwertung. Das Anliegen, die Kommerzialisierung der Forschung voranzutreiben, beispielsweise durch Patentlizenzierung, ist ein Schwerpunkt des Konzepts „Von der Idee zum Markterfolg“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (siehe die umfassende Bewertung in Kapitel 5).

Die Patentaktivität in öffentlichen Forschungsorganisationen hat sich in den letzten Jahren verlangsamt, was dazu führen könnte, dass der Technologietransfer in Form der Patentlizenzierung kurz- und mittelfristig entsprechend abnehmen wird. Die Daten für die vier größten öffentlichen Forschungsorganisationen und tertiären Bildungseinrichtungen zeigen für den Zeitraum von 2005 bis 2018 eine deutliche Verschiebung von der Patentierung hin zu verstärkter Publikationstätigkeit. Dieser Trend rührt von einer Ausweitung der FuE-Mittel im deutschen Wissenschaftssektor seit 2006, der begleitend zu einer Stärkung der Spitzenforschung erfolgte und daher stark darauf fokussiert war, die Forschungsqualität und -leistung zu steigern, statt den Wissenstransfer und die anwendungsorientierte Entwicklung neuer Technologien zu fördern.

Abbildung 13.6. Stand der Verwertung patentierter Erfindungen nach geografischer Region

Prozentualer Anteil der Patente nach Status gemäß der mit öffentlichen Forschungsorganisationen und Universitäten im Jahr 2019 geführten Interviews



Anmerkung: Anzahl der Interviews (ungewichtet) N=633, in denen die Antwort in 1 % der Fälle „weiß nicht“ oder „keine Angabe“ war.
 Quelle: EPA (2020^[13]), *Valorisation of scientific results Patent commercialisation scoreboard: European universities and public research organisations*, [https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/f90b78b96b1043b5c1258626006cce35/\\$FILE/Valorisation_of_scientific_results_en.pdf](https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/f90b78b96b1043b5c1258626006cce35/$FILE/Valorisation_of_scientific_results_en.pdf).

13.1.6. Ausgründungen aus der Wissenschaft und wissenschaftsbasierte Start-ups

Trotz der zunehmenden Bedeutung des unternehmerischen Engagements in der Wissenschaft bleibt die Zahl der Ausgründungen aus dem Hochschulbereich (Kasten 13.3) vergleichsweise gering. Eine Studie aus dem Jahr 2021 ergab, dass auf geistigem Eigentum beruhende Ausgründungen aus öffentlichen Forschungsorganisationen in Deutschland im Zeitraum von 2011–2019 jährlich um 7,3 % anstiegen, wobei die Fraunhofer-Institute eine höhere Zunahme aufwiesen (12,7 %) (Frietsch et al., 2021^[14]). Wie in anderen Bereichen des deutschen WTI-Systems auch ist die unternehmerische Aktivität in der Wissenschaft sehr stark auf einige wenige Städte und Regionen konzentriert, von denen Berlin, Karlsruhe und München die größten Beiträge leisten (Frietsch et al., 2021^[14]).

Die Zunahme bei den Ausgründungen im deutschen Wissenschaftsbereich ist im Wesentlichen mit den Werten an Elitehochschulen und öffentlichen Forschungsorganisationen in anderen EU-Ländern und den Vereinigten Staaten vergleichbar. Deutsche öffentliche Forschungsorganisationen erbrachten im Jahr 2019 insgesamt 58 Ausgründungen, gegenüber 102 an der University of California und 95 am französischen Zentrum für wissenschaftliche Forschung CNRS (Centre national de la recherche scientifique) (Frietsch et al., 2021^[14]). Auf institutioneller Ebene stammen die meisten Ausgründungen an deutschen Forschungsorganisationen von Fraunhofer und Helmholtz. Im Zeitraum von 2017–2019 riefen Forscher*innen aus diesen beiden Institutionen 81 (Fraunhofer) bzw. 61 (Helmholtz) auf geistigem Eigentum (IP) beruhende Ausgründungen ins Leben, im Vergleich zu 287 an der University of California, 273 am CNRS, 117 an der University of Texas und 86 am MIT (Frietsch et al., 2021^[14]). Die Ausweitung von Ausgründungen im deutschen Wissenschaftsbereich wird von einer Reihe von Programmen unterstützt, dessen größtes den Titel *Existenzgründungen aus der Wissenschaft* (EXIST) trägt. In Kapitel 5 wird näher auf diese Programme eingegangen.

Kasten 13.3. Ausgründungen aus der Wissenschaft im Überblick

Ausgründungen aus der Wissenschaft können in verschiedener Form erfolgen. Das Folgende gibt einen Überblick über die gängigsten Formen von Ausgründungen und deren Gründungsverlauf anhand eines Berichts von ZEW und Fraunhofer aus dem Jahr 2021 (Frietsch et al., 2021^[14]).

Formen der Ausgründung aus der Wissenschaft

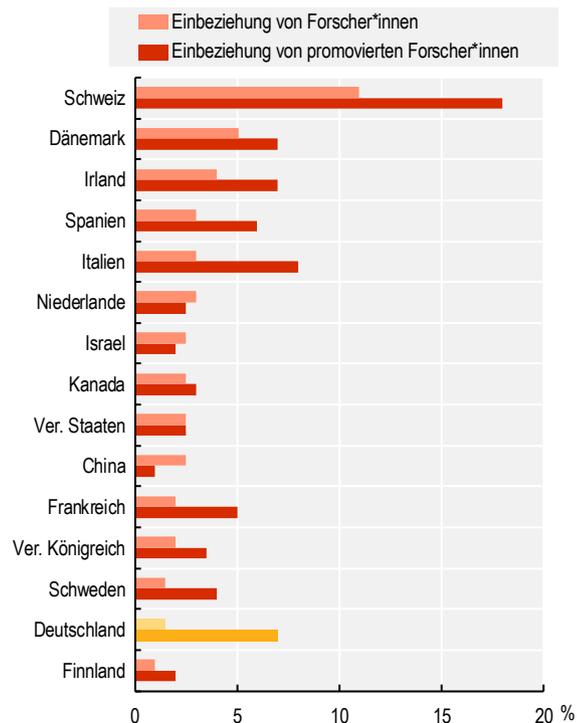
1. **Ausgründungen auf der Basis geistigen Eigentums.** Hauptzweck dieser Ausgründungen ist die Kommerzialisierung des an der öffentlichen Forschungsorganisation generierten geistigen Eigentums (IP) mittels eines zwischen dem Forschungsinstitut und der Ausgründung geschlossenen IP-Vertrags. Die betreffenden öffentlichen Forschungseinrichtungen können sich an der Gesellschaft beteiligen oder das geistige Eigentum im Wege eines Verkaufs (oder einer Lizenzvergabe) auf die Gesellschaft übertragen. Solche Ausgründungen können im alleinigen Eigentum der Forschungsorganisation stehen oder als Joint Venture betrieben werden.
2. **Forschungsbasierte Ausgründungen.** Hierbei handelt es sich um Start-ups von Forschenden an öffentlichen Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, FuE zu kommerzialisieren. Diese Art der Ausgründung beruht nicht auf einem IP-Vertrag zwischen der Ausgründung und dem jeweiligen Institut.
3. **Ausgründungen aufgrund von Fachwissen.** Dies sind Ausgründungen, bei denen Forschende ihre Kompetenzen und Fähigkeiten verwerten. Sie entstehen nicht zwingend aus einem konkreten Projekt oder Forschungsergebnis, sondern haben ihren Ursprung im kumulierten Fachwissen ihrer Gründer*innen.
4. **Start-ups von Studierenden oder Absolvent*innen.** Dieser Fall betrifft Start-ups, die von Studierenden oder Absolvent*innen ohne Anstellung an ihrer jeweiligen Universität gegründet werden. Sie können sektorunabhängig auftreten, sind jedoch häufiger im Dienstleistungssektor zu beobachten. Solche Start-ups entstehen selten unmittelbar aus Forschungsaktivitäten, nutzen jedoch das Wissen und die Kompetenzen, die aus den in Forschungs- oder Hochschuleinrichtungen gesammelten Erfahrungen erwachsen.
5. **Finanzierte Start-up-Projekte.** Forschende oder Absolvent*innen betreiben Fundraising für ihre Start-ups bei öffentlichen Forschungsinstituten oder staatlichen Programmen, häufig ergänzt durch eigene Beiträge aus privatem Vermögen. EXIST (siehe Kapitel 5) ist ein Beispiel für Programme, die diese Art von Ausgründung ermöglichen.
6. **Alternative Formen.** Ausgründungen können vielfach auch in anderer Form erfolgen. Beispielsweise können Forschende ein Start-up initiieren, das nicht ausdrücklich an ein besonderes Forschungsergebnis geknüpft ist, aber dennoch mittelbar durch Erfahrung und Kompetenzen der Beteiligten einen Wissenstransfer ermöglicht.

Quelle: Frietsch et al. (2021^[14]), *Spin-Offs from Public Research Organisations in Germany: A Comprehensive Analysis based on Bibliometric, Patent, Website and Company Register Data*, www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ci/2021/Report_Allianz-Studie_final.pdf.

Einer auf Daten von Crunchbase beruhenden OECD-Studie zufolge machten die auf Crunchbase vertretenen deutschen Start-ups mit Forscherbeteiligung insgesamt 1,5 % aller mit Risikokapital-Investitionen finanzierten Start-ups aus (Abbildung 13.7), wohingegen der Anteil von Risikokapitalfirmen mit Beteiligung von Doktoranden bei 7 % lag (Breschi, Lassébie und Menon, 2018^[15]). Die Belege lassen auch erkennen, dass die Gründungsquote in FuE-intensiven Sektoren in Deutschland niedriger ist als in anderen europäischen Ländern, darunter auch für wissensintensive Dienstleistungen (WID) – ein Messwert, der stellvertretend für die Unternehmensgründung im Wissenschaftsbereich eingesetzt werden kann

(Abbildung 13.8). Laufende Arbeiten der OECD haben gezeigt, dass staatliche Risikokapitalfonds mit signifikant höherer Wahrscheinlichkeit neue technologiebasierte Unternehmen mit enger Verbindung zur Forschung im Hochschulbereich ins Visier nehmen, und dass solche Firmen aus dem wissenschaftlichen Umfeld mit größerer Wahrscheinlichkeit radikale Innovationen hervorbringen.

Abbildung 13.7. Anteil von Start-ups aus dem Wissenschaftsbereich in Crunchbase, nach Land und Kategorie (% der mit Risikokapital geförderten Unternehmen), 2018



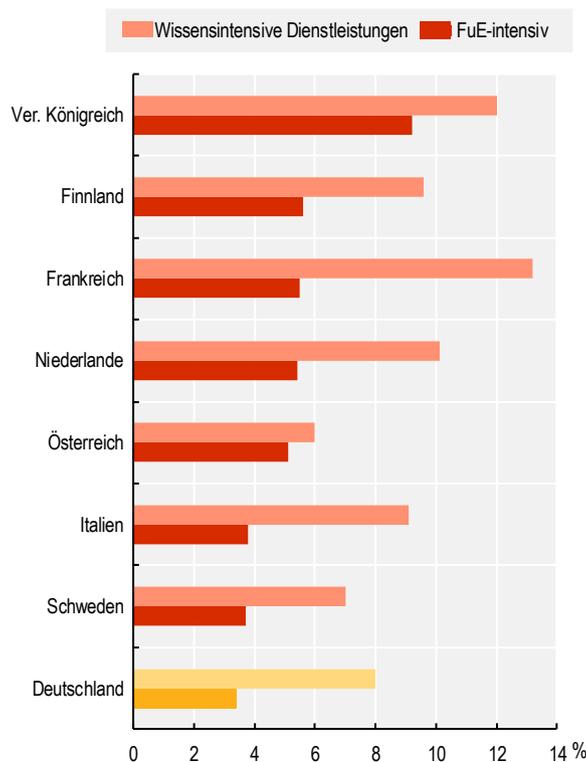
Anmerkung: Die Betrachtung ist auf nach dem Jahr 2001 gegründete Unternehmen begrenzt, die mindestens eine Investition aus Wagniskapital erhalten haben.

Quelle: Breschi, Lassébie und Menon (2018_[15]), „A portrait of innovative start-ups across countries“, <https://doi.org/10.1787/f9ff02f4-en>, erstellt für die OECD, basierend auf Crunchbase.

Zudem verzeichnen auch öffentliche Forschungsinstitute eine geringe Gründungsquote, obwohl erhebliche Anstrengungen unternommen wurden, um das Entstehen von Ausgründungen zu begünstigen und innovative Start-ups durch Start-up-Beschleuniger zu unterstützen (Lambertus, Schmalenberg und Keckl, 2019_[16]). Fraunhofer- und Helmholtz-Zentren haben Unterstützungsprogramme für Ausgründungen aufgelegt (so beispielsweise Fraunhofer Venture), die sich für die Erhöhung des Technologietransferanteils sowie für eine verbesserte Überlebensfähigkeit und Finanzierung von Firmen als sehr wirkungsvoll erwiesen haben. Diese Programme ähneln der Start-up Unit des französischen Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA, Kommission für Atomenergie und alternative Energieformen), der Valorisierungszone von EURECAT (Spanien), Tecnalia Ventures (Spanien), dem Team für Technologietransfer bei TNO (Niederlande) und VVT Ventures (Finnland). FDays® hat sich zum Flaggschiff-Programm von Fraunhofer Venture entwickelt und ist einer der bekanntesten High-Tech-Beschleuniger in Deutschland (Kasten 13.4). Insgesamt 55 neue Unternehmen wurden im Jahr 2016 an den vier größten öffentlichen Forschungsinstituten gegründet, weitere 51 folgten im Jahr 2017, 64 im Jahr 2018, 58 im Jahr 2019 und 56 im Jahr 2020, wobei die meisten in der Fraunhofer-Gesellschaft, an Max Planck- und an Helmholtz-Zentren entstanden (GWK, 2021_[17]). Seit 2013 arbeiten Leibniz-, Helmholtz-, Fraunhofer- und

Max Planck-Gesellschaften zusammen, um jährliche Start-Up Days in Form zweitägiger Workshops anzubieten, die das Netzwerken zwischen Jungunternehmern und Fachleuten aus der Industrie erleichtern. Bislang hat die Fraunhofer-Gesellschaft mehr als 350 Unternehmen hervorgebracht, darunter mehr als 150 Beteiligungen, während Max Planck Innovation 160 Ausgründungen gefördert hat.

Abbildung 13.8. Gründungsquote in FuE-intensiven Sektoren (% aller Unternehmen), 2017



Quelle: Aus Kulicke (2021^[18]) basierend auf der Statistik der Unternehmensdemografie (Eurostat) und Mannheimer Unternehmenspanel. ZEW-Berechnungen in Bersch und Gottschalk (2019^[19]) und EFI (2020^[20]).

Kasten 13.4. Innovative Unterstützung von Start-ups an öffentlichen Forschungsinstituten: Fraunhofer Venture

Fraunhofer Venture wurde im Jahr 2001 als eigenständige Abteilung in der Absicht gegründet, umfassende Unterstützung für Ausgründungsprojekte bei Fraunhofer zu leisten. Heute besteht das Ziel von Fraunhofer Venture darin, das Transferpotenzial der Fraunhofer-Gesellschaft zu aktivieren und zu maximieren, indem geistiges Eigentum und Technologien, Unternehmer, Investoren und Industriepartner aktiv miteinander verbunden werden. Das Ausgründungsfördersystem von Fraunhofer spielt eine hilfreiche Rolle dabei, Risiken von Ausgründungsprojekten intern zu entschärfen, bevor die tatsächliche Ausgründung erfolgt. Dies gelingt dank eines Teams von 25 Mitarbeitenden, darunter Risikomanager*innen, Anwälte*innen und Unternehmensgründungsexpert*innen. Das Ausgründungsfördersystem besteht aus vier Phasen (Entwicklung der Geschäftsidee, FDays®, FFE und FFM) und drei Komponenten: Programmen, Coaching und Finanzierung. Das bewusste Zusammenspiel dieser drei Komponenten ebnet den Weg für einen Technologietransfer durch Ausgründungen in größerem Maßstab.

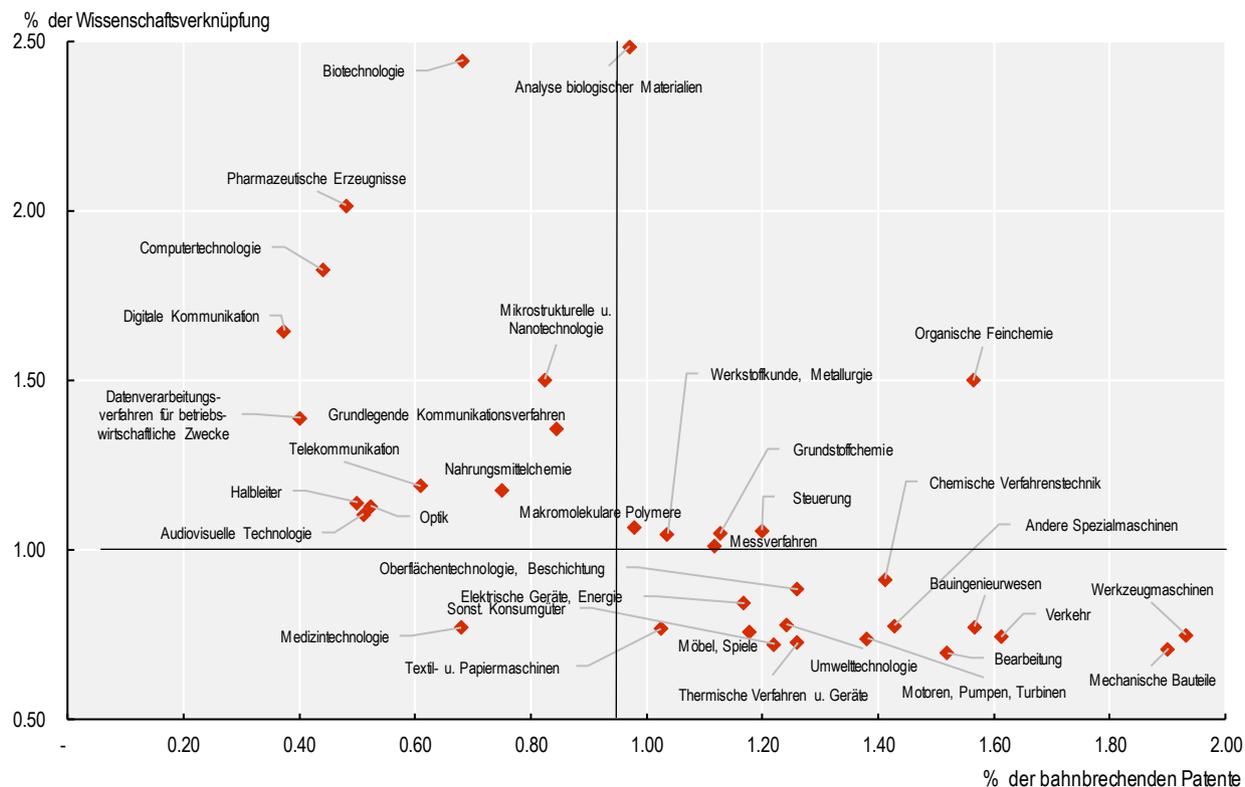
FDays® hat sich zum Flaggschiff-Programm von Fraunhofer Venture entwickelt und ist einer der bekanntesten High-Tech-Beschleuniger in Deutschland. Für diesen Erfolg spielen wahrscheinlich zwei Faktoren eine Rolle: Erstens fungiert Fraunhofer Venture als zentrale Drehscheibe für Expertenwissen im Bereich der Ausgründungen und kann Projekte bei dem Weg durch dieses Nadelöhr unterstützen. Zweitens führen die engen Verbindungen zwischen den Fraunhofer-Instituten und der Industrie zur Generierung hochwertiger Geschäftsideen, da Technologie-Entwicklungsprojekte häufig in realen Markterkenntnissen wurzeln. Bislang hat Fraunhofer mehr als 350 Unternehmen hervorgebracht, darunter mehr als 150 Beteiligungen.

Quelle: Lambertus, Schmalenberg und Mathias (2019^[16]), „Case study on programmes to promote spin-offs at Fraunhofer-Gesellschaft, Deutschland. Contribution to the OECD TIP Knowledge Transfer and Policies project, Policy Case Study, OECD, Paris, <https://stip.oecd.org/assets/TKKT/CaseStudies/16.pdf>.

13.2. Der Einsatz der Wissenschaft zur Förderung bahnbrechender Erfindungen

Historisch betrachtet war die Wissenschaft der Ursprung vieler technologischer Durchbrüche. Der Einsatz wissenschaftlicher Erkenntnisse für Innovationszwecke hat im Laufe der Zeit zugenommen, da technologische Innovationen zusehends komplexer werden, obgleich ihre Bedeutung je nach Branche und Technologiebereich variiert (Narin, Hamilton und Olivastro, 1997^[21]). Dennoch geht aus einer Analyse von Patentindikatoren hervor, dass bahnbrechende Entwicklungen deutscher Erfinder*innen nur wenig Bezug zur Wissenschaft aufweisen, wie sich anhand der Verweise auf Forschungspublikationen ermitteln lässt. Die Wissenschaftsbindung bezieht sich auf die Anzahl der in Patenten vorkommenden Verweise auf Nichtpatentliteratur wie beispielsweise auf extern begutachtete wissenschaftliche Veröffentlichungen, Tagungsberichte oder Datenbanken im Vergleich zur höchsten Anzahl von Verweisen auf Nichtpatentliteratur in anderen Patenten des jeweiligen Fachbereichs und Jahres. So haben beispielsweise normalisierte Patente im Vergleich zum Durchschnitt eine unterdurchschnittliche Wissenschaftsbindung (Abbildung 13.9). Mit anderen Worten lassen Bereiche mit intensiverer bahnbrechender Erfindungstätigkeit nur unterdurchschnittliche Bezüge zu wissenschaftlichen Inhalten erkennen (Quadrant unten rechts), wohingegen Bereiche mit höherer wissenschaftlicher Intensität, in denen die Wissenschaftsbindung dementsprechend höher ausfällt (Quadrant oben links), eine gegenüber dem Durchschnitt aller Technologiefelder unterdurchschnittliche Neigung zur Produktion bahnbrechender Erfindungen aufweisen. In Kapitel 11 werden Sprunginnovationen ausführlicher behandelt.

Abbildung 13.9. Bahnbrechende Patente nach Technologiefeld (WIPO 35), 2012–2015



Anmerkung: Als bahnbrechende Erfindungen werden die obersten 1 % der während der ersten fünf Jahre nach der Veröffentlichung am meisten zitierten Patente bezeichnet (nach Technologiefeld und Jahr) (Squicciarini, Demis und Criscuolo, 2013_[22]). Der Indikator auf der y-Achse bezieht sich auf die durchschnittliche Zitatintensität in wissenschaftlichen Publikationen (ohne Patentliteratur) im Verhältnis zum Durchschnitt im selben Technologiefeld und Anmeldejahr. Der Indikator auf der horizontalen Achse zeigt die relative Spezialisierung (Revealed Technological Advantage) der bahnbrechenden Patente (d. h. den Anteil bahnbrechender Patente an der Gesamtzahl der Patente des Landes im Verhältnis zum durchschnittlichen Anteil in der Welt).

Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage von Patentdaten aus der OECD Patent Quality Indicators Database basierend auf Squicciarini, Demis und Criscuolo (2013_[22]); „Measuring Patent Quality: Indicators of Technological and Economic Value“, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5k4522wkw1r8-en>.

13.3. Hemmnisse für den Wissens- und Technologietransfer

Mehrere Hemmnisse behindern den Wissens- und Technologietransfer durch Patentierung, Lizenzierung, Ausgründungen aus der Wissenschaft oder informelle Kanäle. Solche Hemmnisse bestehen sowohl aufseiten der Unternehmen als auch bei den Forschenden und deren Institutionen.

13.3.1. Hemmnisse auf Unternehmensseite

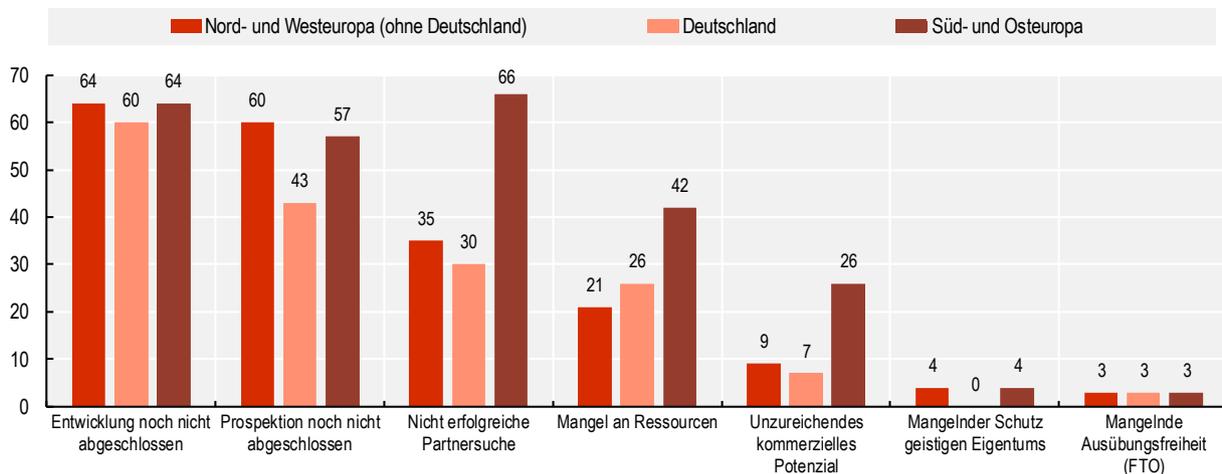
Fonds für technologische Ausreifung und Entwicklung

Ein wesentliches Hindernis für einen verbesserten Technologietransfer durch Kommerzialisierung von Forschung an tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Forschungsinstituten ist der Mangel an technologischer Reife von Neuentdeckungen sowie die nicht hinreichend eindeutige Marktanwendung (siehe die früheren Ergebnisse aus der EPA-Erhebung von 2021 (EPA, 2020_[13]). Der wichtigste Grund, den die Befragten der EPA-Erhebung nannten, war die mangelnde technologische Ausgereiftheit von Innovationen (60 % der deutschen Befragten gegenüber durchschnittlich 64 % der Befragten in Nord- und Westeuropa), gefolgt von mangelnden Geschäftsaussichten (43 % gegenüber 60 %). Rund ein Drittel der

westeuropäischen Befragten verwies auf Schwierigkeiten bei der Suche nach geeigneten Geschäftspartnern als Hauptgrund für die nicht erfolgte Kommerzialisierung von Patenten (Abbildung 13.10). Dies dürfte u. a. deshalb zutreffen, weil der Großteil der staatlichen Förderung an tertiären Bildungseinrichtungen auf die Grundlagenforschung und Frühphase abzielt, während eine Finanzierung für Entwicklung und Produktanwendungen sowie die langfristige Unterstützung für Wissenstransferstellen fehlen.

Abbildung 13.10. Gründe für die Nichtverwertung nach Region (geplante Verwertung und Nichtverwertung)

% der Befragten (Erhebung bei Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen)



Anmerkung: Anzahl der Interviews (ungewichtet) N=400, in denen die Antwort in weniger als 1 % der Fälle „weiß nicht“ oder „keine Angabe“ war. Quelle: EPA (2020^[13]), Valorisation of scientific results Patent commercialisation scoreboard: European universities and public research organisations,

[https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/f90b78b96b1043b5c1258626006cce35/\\$FILE/Valorisation_of_scientific_results_en.pdf](https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/f90b78b96b1043b5c1258626006cce35/$FILE/Valorisation_of_scientific_results_en.pdf).

Absorptionsfähigkeiten: Humankapital und Kompetenzen für den Wissenstransfer

Ein erfolgreicher Wissenstransfer hängt von der Bereitstellung von Arbeitskräften aus dem Hochschulsystem (tertiäre Bildungseinrichtungen) für das Wirtschaftssystem sowie von der Ausbildung neuer Kompetenzen innerhalb der Erwerbsbevölkerung ab. In Deutschland wurden in den vergangenen beiden Jahrzehnten beträchtliche Anstrengungen unternommen, um das Angebot hochqualifizierter Arbeitskräfte für die Industrie aufrechtzuerhalten. Parallel zu den Veränderungen am Arbeitsmarkt und der Entstehung neuer Branchen hat das System der tertiären Bildungseinrichtungen eine bedeutende Ausweitung sowohl bei den Ressourcen als auch in seiner Leistungsfähigkeit erfahren.

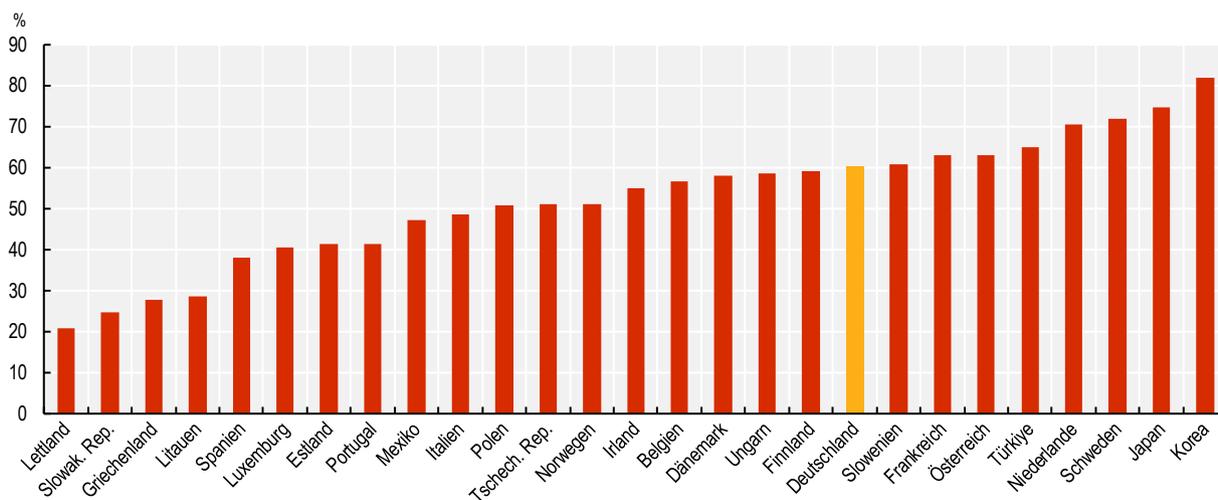
Die Anzahl der Erstabsolvent*innen von Hochschulen innerhalb der Bevölkerung ist seit 2002 stetig angestiegen, insbesondere nach der Umstellung vom diplombasierten zum Bachelor-/Master-System (2009), wobei 2015 der Höchstwert verzeichnet wurde. Der Anteil der Hochschulabsolvent*innen innerhalb der Gesamtbevölkerung, bezogen auf dieselbe Altersgruppe, erhöhte sich von rd. 17 % zu Beginn der 2000er-Jahre auf 32 % im Jahr 2019 und hat seither in gleichem Maße zugenommen (OECD, 2019^[3]). Allerdings ging diese Zunahme einher mit einem steten Rückgang der Absolvent*innenzahlen im Bereich der beruflichen Bildung – eine Problematik, die zu der Forderung geführt hat, die Politik möge ein stärkeres Augenmerk auf ein tragfähiges Gleichgewicht innerhalb des Qualifikationspools legen (OECD, 2021^[23]).

Absolvent*innen in den MINT-Fächern spielen eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung neuer technologischer und gesellschaftlicher Herausforderungen sowie für die industrielle Transformation. Der Anteil

der MINT-Hochschulabsolvent*innen in Deutschland ist höher als in nahezu sämtlichen Vergleichsländern mit Ausnahme Japans (OECD, o. J.^[24]). Zudem ist die Anzahl der Absolvent*innen mit Master- und Dokortitel in den MINT-Fächern rascher angestiegen als die Gesamtzahl aller Absolvent*innen.¹ Bei den Doktorarbeiten und der Platzierung von Forschenden im Wirtschaftssektor schneidet Deutschland im internationalen Vergleich ebenfalls ausgezeichnet ab. Rund 29 000 Graduierte schließen jährlich in Deutschland die Promotion ab, wesentlich mehr als in allen anderen EU-Mitgliedstaaten (OECD, o. J.^[24]). Insgesamt liegt der Anteil Deutschlands an der Grundgesamtheit der Promovierten (1,6 % im Jahr 2020) oberhalb des OECD-Durchschnitts (1,3 %), was mit dem Anteil Australiens, Norwegens und des Vereinigten Königreichs vergleichbar ist. Er fällt allerdings geringer aus als in den Vereinigten Staaten (2,0 %) und den führenden Ländern wie der Schweiz (3,0 %) oder Slowenien (5,2 %) (OECD, 2021^[25]).

Deutschland weist überdies eine starke Präsenz von Forschenden im Wirtschaftssektor auf. Im Jahr 2019 waren rd. 62 % aller Forschenden in privatwirtschaftlichen Unternehmen beschäftigt, gegenüber einem OECD-Durchschnitt von 50 % (Abbildung 13.11). Der deutsche Wert entspricht der für Frankreich, Österreich und Dänemark verzeichneten Intensität, ist jedoch geringer als in Schweden, Japan und Korea (über 70 %).

Abbildung 13.11. Prozentualer Anteil der Forscher*innen im Unternehmenssektor an der Gesamtzahl des Landes



Anmerkung: Vorläufige Daten für die folgenden Länder: Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Litauen, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Polen, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik.

Quelle: OECD (o. J.^[11]), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 22. Mai 2022).

Allerdings stellt das Aufkommen neuer technologischer Paradigmen und Kompetenzanforderungen den Wissenstransfer von deutschen tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Forschungsinstituten in den Privatsektor vor entscheidende Herausforderungen. In gewissem Maße bleibt das Hochschulsystem fest in den Strukturen und Anforderungen der traditionellen Industriezweige verankert. Obwohl sich die Curricula gewandelt haben, sind die Veränderungen u. U. nicht schnell genug erfolgt, um dem dringlichen Innovationsbedarf des Privatsektors Rechnung zu tragen, insbesondere im Hinblick auf die Herausbildung neuer Branchen und Qualifikationen (beispielsweise digitaler Kompetenzen).

Es deutet sich bereits aktuell ein zunehmender Arbeitskräftemangel in Schlüsselbereichen für die künftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands an, beispielsweise in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), bei den digitalen Kompetenzen und neuen Technologiefeldern (so etwa bei der künstlichen Intelligenz). Schätzungen zufolge werden deutsche Unternehmen bis zum Jahr 2023 rd. 700 000

zusätzliche Arbeitskräfte mit technologischen Kompetenzen (beispielsweise für die Analyse komplexer Daten oder für nutzerorientiertes Design) benötigen, als im Jahr 2019 verfügbar waren (Kirchherr et al., 2018_[26]). Dieselbe Studie geht zudem von einer Lücke von Arbeitskräften mit fachübergreifenden Fertigkeiten aus: 2,4 Millionen Arbeitskräfte müssen auf Schlüsselkompetenzen wie beispielsweise agiles Arbeiten, digitales Lernen und kollaborative Methoden umgeschult werden (Kirchherr et al., 2018_[26]). Dieser Qualifikations- und Arbeitsmarktdruck wird sich auf die Effektivität und Stärke der deutschen Wissens- und Technologietransfereinrichtungen auswirken.

Wie zudem aus mehreren Studien hervorgeht, halten sowohl Wissenschaftler*innen als auch tertiäre Bildungseinrichtungen die schwachen Innovations- (und Absorptions-) Kapazitäten von KMU für eine wesentliche Barriere bei der Sondierung von Partnerschaften mit Forschungsinstitutionen (Davey et al., 2018_[27]).

Nutzung von geistigem Eigentum

KMU benötigen Hilfe und Wissen für den Schutz und die Verwertung ihres geistigen Eigentums wie auch für die Lizenzierung von geistigem Eigentum aus dem Wissenschaftsbereich. Branchenunterschiede herrschen nach wie vor beim Fachwissen und professionellen Umgang in IP-Fragen. So beteiligen sich beispielsweise Maschinenbaubetriebe mit geringerer Wahrscheinlichkeit am IP-Wissenstransfer als Pharmazieunternehmen.

13.3.2. Hemmnisse aufseiten der Forschungsinstitute

Vermittlungsdienste unterstützen die Kapazitäten in tertiären Bildungseinrichtungen

Während die Abteilungen für Technologietransfer in öffentlichen Forschungseinrichtungen (insbesondere in den Fraunhofer-Instituten) bewährte Betriebsmodelle haben, sehen sich die Wissenstransferstellen an Hochschulen betrieblichen Schwierigkeiten ausgesetzt. Obwohl die meisten der größeren TU über effektive Wissenstransferstellen verfügen, die zunehmend mit Fachleuten in den diversen Arbeitsgebieten besetzt sind, bleiben die Herausforderungen innerhalb des universitären Gesamtsystems doch beträchtlich, sowohl in den Betriebsabläufen als auch in der Verwaltungsführung. Überdies geht die Mehrzahl der Transferaktivitäten weiterhin von einzelnen Lehrstühlen und Instituten aus statt von Fakultäten oder Universitätsleitungen.

Einer Erhebung aus dem Jahr 2020 unter 39 tertiären deutschen Bildungseinrichtungen zufolge sahen 89 % den Wissenstransfer als Teil ihres Lehr- und Forschungsauftrags an, wobei ihre Wissenstransferstellen im Durchschnitt mit 10,6 Vollzeitmitarbeitenden ausgestattet waren (Roessler, 2020_[28]). Allerdings leiden Förderstellen für den Wissenstransfer an vielen deutschen Universitäten unter dramatischen Beschränkungen bei Finanzierung, Infrastruktur und Leistungsanreizen. In punkto Finanzierung liegt derzeit keine Leitlinie weisungsberechtigter Behörden vor, die tertiäre Bildungseinrichtungen dazu verpflichten würde, einen bestimmten Anteil ihres Budgets für den Wissenstransfer aufzuwenden. Es ist durchaus üblich, lediglich 50 % der Mitarbeitenden in deutschen Wissenstransfereinrichtungen als grundfinanziertes Personal zu führen. Die andere Hälfte ist von Projektfinanzierung und sonstigen zeitgebundenen Finanzierungsmodellen abhängig, sodass die Transferstrukturen und deren Wissensbestände und Sozialkapital (Netzwerke, Kontakte etc.) stark schwankungsabhängig und einer hohen Personalfuktuation unterworfen sind. Zudem gilt die Umsetzung der sogenannten dritten Mission im deutschen Wissenschaftssystem nicht als Erfolgskriterium, sodass sie weder berufliche Karrieren beeinflusst noch zu zusätzlichen Karrierechancen im Sinne zukunftssträchtiger Aufgaben auf Leitungsebene führt. Es bestehen wenige Ausnahmen, wie beispielsweise die Fraunhofer-Gesellschaft, bei denen der Wissenstransfer als dritte Mission ein verbindlicher Bestandteil von Leistungsbewertungen und Karriereverläufen ist.

Tertiäre Bildungseinrichtungen sind zunehmend damit befasst, Möglichkeiten für ihr gesellschaftliches Gestaltungspotenzial in Form sozialer Innovation auszuloten, die zu nachhaltigen Lösungen führt. Dies setzt eine multidisziplinäre Zusammenarbeit und Mobilisierung von Ressourcen voraus, u. a. durch Open-

Access-Regelungen (beispielsweise unentgeltliche Lizenzvergabe und quelloffene Software) und offene Innovationsansätze. Dabei ist anzumerken, dass Wissenstransferstellen zumeist auf harte Technologien (beispielsweise High-Tech-Projekte) fokussiert sind, was zu Lasten anderer akademischer Fachgebiete mit sozialer Relevanz und zu Lasten stärker multidisziplinär ausgerichteter Projekte geht, die sich umfassenderen Innovationsaufgaben widmen (beispielsweise die Einbindung der Sozialwissenschaften in ökologische Innovationsvorhaben). In gleicher Weise ist auch Spielraum vorhanden, um Wissenstransferprozesse offener zu gestalten und andere gesellschaftliche Akteure (durch Partnerschaften für kreative Kollaboration) einzubinden.

Eine weitere Herausforderung für Wissenstransferstellen ist die Anwerbung und Bindung von Nachwuchskräften, u. a. durch Akkreditierung und Fortbildung, um Fachkräfte für neue Entwicklungen zu sensibilisieren. Der Wissensaustausch unter Kolleg*innen ist eine weitere Form der Ausbildung, die durch den Mangel gefestigter europäischer Mentoringstrukturen für den internationalen Wissensaustausch gehemmt wird.

Sonstige Hemmnisse für tertiäre Bildungseinrichtungen und öffentliche Forschungsinstitute

Die öffentlichen Forschungsinstitute haben auf eine Reihe von Problemen im Zusammenhang mit dem formellen und informellen Wissenstransfer aufmerksam gemacht:

1. Forschende haben nicht immer genügend Anreize, Wissenstransferaktivitäten zu verfolgen und zu unterstützen, da die Forschungsevaluierung sich in erster Linie auf wissenschaftliche Veröffentlichungen bezieht. Dies beeinträchtigt die Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen, da sie weiterhin von den Interessen der jeweiligen Forschungsgruppen abhängig sind. Der Schwächegrad solcher Anreize schwankt jedoch sehr stark innerhalb der deutschen Forschungsinstitutionen. Insbesondere bei den öffentlichen Forschungseinrichtungen haben einige sehr wirkungsvolle Systeme eingerichtet.
2. In den von der OECD durchgeführten Befragungen wurde die mangelnde IP-Kultur in der Wissenschaft als großes Problem angeführt, das die Patentverwertung behindert.
3. Sicherheit aufseiten der Forschenden bezüglich der Rechtsstellung von IP ist vonnöten, um langfristige Investitionen und Wissenstransferbedarf systematischer in die Leitbilder von tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Forschungsinstituten zu integrieren.
4. Die Dreiteilung von Lizenzgebühren (ein Drittel für die Hochschulen, ein Drittel für die Erfinder*innen und ein Drittel für Vermittlungsstellen) ist für einige Hochschulen nicht attraktiv genug.

Die folgenden Barrieren für Ausgründungen aus der Wissenschaft wurden bemängelt:

1. Der Mangel an Ausgründungen und wissenschaftsbasierten Start-ups liegt zum großen Teil in beschränkten Anreizen (sowohl auf individueller als auch auf institutioneller Ebene) und unzureichender Finanzierung von Zwischenphasen (Validierung und Marktreife) begründet.
2. Regulatorische und bürokratische Hürden hemmen die Unternehmensgründung an Universitäten. In gleichem Maße liegt dies auch an ungünstigen Strukturen des Wissenschafts- und Finanzierungssystems für unternehmerisches Handeln im Hochschulbereich.
3. Ein Mangel an Unternehmergeist hindert Forschende (und Absolvent*innen) mit Potenzial für den Technologie- und Fachkenntnistransfer daran, sich an Ausgründungen zu wagen.
4. Der Mangel alternativer Strategien für unternehmerisches Handeln, beispielsweise durch Hinzuziehen externer Unternehmer*innen in der Funktion als Firmengründer*innen, hemmt ebenfalls die Ausgründungen aus der Wissenschaft.

13.3.3. Gemeinsame Herausforderungen für den Wissenstransfer

Mangelnde Messdaten und Indikatoren zum derzeitigen Stand der Wissenstransferpraxis

In Deutschland existiert kein umfassendes und einheitliches nationales metrisches System für Wissenstransferaktivitäten an tertiären Bildungseinrichtungen und öffentlichen Forschungsinstituten, obwohl die meisten öffentlichen Forschungsinstitute Aktivitäten im Bereich des Wissenstransfers sowie Kommerzialisierungsindikatoren in ihren Jahresberichten vermerken. Die daraus resultierende mangelnde Sichtbarkeit auf nationaler (und regionaler) Ebene erschwert die Steuerung und den Aufbau von Kapazitäten. Beispiele für bereits etablierte Erhebungen und Parameter zum nationalen Wissenstransfer in anderen Ländern sind das Réseau Curie (Frankreich), RedOTRI (Spanien), Research England (Vereinigtes Königreich), Netval (Italien) und AUTM (Vereinigte Staaten). Es muss jedoch eingeräumt werden, dass die komplexe Realität des Wissenstransfers und der Kommerzialisierungsprozesse sich nicht leicht in Parametern darstellen lässt und dass die Art der Maßnahmen (bzw. die Wissenstransferstrategie) innerhalb der Universitäten und Regionen je nach deren Spezialisierung, Stärken und Innovationsbedarf variieren kann. Während öffentliche Forschungsinstitute über ihre Wissenstransfer- und Innovationsaktivitäten mit größerer Regelmäßigkeit Bericht erstatten, sind die Angaben von tertiären Bildungseinrichtungen eher karg und nur in seltenen Fällen veröffentlicht. Neue Indikatoren zum Wissenstransfer sind auch erforderlich, um breiter angelegte Maßnahmen und neue Formen der Interaktion (beispielsweise Open Data, offene Innovationslabore, kreative Kollaborationen) nachzuverfolgen.

Bürokratie und regulatorische Hindernisse

Eine Erhebung unter 992 tertiären Bildungseinrichtungen in Deutschland aus dem Jahr 2016 ermittelte eine Reihe von Hindernissen für die Kooperation zwischen Hochschulen und der Wirtschaft (Davey et al., 2018^[27]). Die Befragten gaben an, dass die Verbindungen zwischen Industrie und Wissenschaft durch Bürokratie bei Kollaborationen aufseiten der Industrie und durch die unzureichende Bewilligung von Arbeitszeiten aufseiten der Universitäten für die an Kollaborationsprojekten beteiligten Wissenschaftler*innen gehemmt werden. Zudem kollidiert aus Sicht der Wissenschaftler*innen die Hochschul-Wirtschafts-Kollaboration mit ihren Lehr- und Forschungsaufträgen. Aus der Perspektive der Industrie sind die wesentlichen Abschreckungsfaktoren für eine Zusammenarbeit mit der Wissenschaft die unterschiedlichen Zeithorizonte und Motivationen zur Forschungsarbeit, gefolgt von bürokratischen Hürden.

13.4. Politikmaßnahmen zur Unterstützung des Wissenstransfers

Die Bundesregierung unterstützt den Wissens- und Technologietransfer zwischen Forschungsinstituten und KMU durch ein breites Spektrum von Programmen und Initiativen, einschließlich einer Start-up-Finanzierung für Entwicklungsphasen, FuE-Förderung und Unterstützung von Kollaborationsprojekten. Die größten und bekanntesten sind die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) und das „Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM), die beide in Kapitel 5 erörtert werden. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick gegeben.

13.4.1. Politikmaßnahmen und Projekte im Rahmen von ZIM

Mit ZIM wird beabsichtigt, den KMU Zugang zu neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und aktuellen technologischen Entwicklungen zu verschaffen. Das ZIM-Kooperationsmodul ist das größte und gefragteste Modul und fördert FuE-Kooperationsprojekte zwischen KMU sowie von KMU und Forschungs- und Technologieorganisationen. ZIM steht sämtlichen Technologien und Sektoren offen. Es wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (jetzt Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK]) seit 2008 verwaltet, als es durch Zusammenführung mehrerer Vorgängerprogramme ins Leben gerufen wurde. ZIM umfasst Fördermöglichkeiten für 1. FuE-Vorhaben in einzelnen Unternehmen, 2. kollaborative

FuE-Vorhaben (zwischen KMU oder von KMU und Forschungsorganisationen) und 3. Kooperationsnetzwerke zwischen sechs oder mehr Unternehmen in marktorientierten, innovativen und risikobehafteten Projekten. Bis zum 31. Dezember 2021 wurden fast 37 400 FuE-Kooperationsvorhaben mit einem Finanzierungsvolumen von rd. 5,5 Mrd. EUR initiiert (AiF, o. J.^[29]).

Einer jüngeren Erhebung zufolge (Kaufmann et al., 2019^[30]) sind die ZIM-Programme aus Sicht der KMU aufgrund umfassender Erfahrungswerte, Fördermittel und Netzwerkvorteile ein wertvolles Instrument. Die Ergebnisse der Studie lassen jedoch Verbesserungspotenzial erkennen. Obwohl ZIM grundsätzlich dazu neigt, auch Firmen mit geringerer Erfahrung im FuE-Bereich Anreize für FuE-Projekte zu bieten, haben die Kriterien für die Förderfähigkeit, die Innovationsschwellen für Projekte und die geforderten Investitionssummen es in der Praxis eher zu einer Anlaufstelle für bestehende KMU mit FuE-Erfahrung werden lassen (Kaufmann et al., 2019^[30]). Eine Reform der Finanzierungsrichtlinien des ZIM im Jahr 2020 trug diesen Erkenntnissen (neben anderen Verbesserungen) dadurch Rechnung, dass der Zugang für Erstinnovatoren erleichtert und die Anreize für Innovatoren aus wirtschaftlich unterentwickelten Regionen gestärkt wurden. Fortlaufende Bemühungen zur Förderung von Teilhabe und interdisziplinären oder sektorübergreifenden Aktivitäten werden die Innovation und die Technologieverbreitung fördern.

13.4.2. Sonstige Politikmaßnahmen und Projekte für den Wissenstransfer

Im Rahmen der IGF organisieren Industrieverbände vorwettbewerbliche kollektive Forschungsprojekte und bieten umfassende Unterstützungsleistungen in FuE-Fragen, um KMU bei der Bewältigung gemeinsamer Innovationsvorhaben und technologischer Herausforderungen zu unterstützen. Der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) zufolge waren 2020 nahezu 25 000 KMU an den 1 876 von der IGF geförderten Projekten beteiligt (was etwa 13 KMU pro Projekt entspricht).² Das Programm „Forschungscampus“ und das „Spitzencluster“-Programm fungieren ebenfalls als wesentliche Strategien, um dem Bedarf an strategischer und langfristig ausgerichteter Planung von Forschungspartnerschaften entgegenzukommen. Das Alleinstellungsmerkmal des Forschungscampus war das Bestreben, Unternehmen und Hochschulen „unter einem Dach“ zu vereinen, um eine gemeinsame Forschungsagenda zu verfolgen, was zu neuen Formen des Wissensaustauschs zwischen Forschenden an Universitäten und deren Kolleg*innen in der Industrie führte.³

Neue Fördermaßnahmen für nicht-FuE-gestützte Innovationen und Innovationsmanagement von KMU wurden unlängst eingeführt, darunter das „Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen“, sowie Innovationsunterstützungsprogramme zur Anwerbung junger Wissenschaftler*innen. Neben anderen kritischen Aspekten haben bisweilen auch die Regeln und Kriterien für die Förderfähigkeit der Förderprogramme die Interdisziplinarität und die sektorübergreifende Kollaboration beeinträchtigt. Ergänzend fördern die KMU-NetC Programme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ambitionierte FuE- und Innovationskollaborationen mithilfe von Netzwerken und Clustern mit signifikanter KMU-Beteiligung.

Zu den weiteren Programmen auf Bundesebene zählen WIPANO (zur Förderung der Identifizierung, des rechtlichen Schutzes und der Verwertung von Rechten des geistigen Eigentums durch Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen), VIP+ (zur Erprobung und zum Nachweis des Innovationspotenzials von Forschungsergebnissen sowie zur Erforschung von Anwendungsbereichen), GoBio (zur Unterstützung von Forschenden in Biowissenschaften mit innovativen Ideen, um Kontakte zur Wirtschaft zu knüpfen), EXIST (zur Förderung von Hochschulausgründungen), Digital Hubs (Aufbauhilfe für digitale Ökosysteme unter Beteiligung von KMU, Start-ups, Konzernen und Forschungseinrichtungen) sowie eine spezifische Förderung von Teilbereichen (u. a.) des Wissenstransfers und der Infrastrukturentwicklung.

Seit Ende der 1990er Jahre werden im Rahmen des Programms „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“ unter Federführung des BMWK Gründungsvorhaben und Ausgründungen an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen gefördert. Das Programm fördert jährlich bis zu 240 Projekte durch monatliche Stipendien, Betreuung durch Mentoren und die Übernahme von Personal-

und Sachausgaben bis zu einer Höhe von 250 000 EUR in der Frühfinanzierungsphase. Ein zweites Instrument widmet sich schwerpunktmäßig vorkommerziellen, noch nicht zur Marktreife gelangten Projekten, denen häufig die erforderliche Infrastruktur und Finanzierung zur Umsetzung fehlt. Nach dem Vorbild der Defense Advanced Research Projects Agency in den Vereinigten Staaten hat die Bundesregierung im Jahr 2019 die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) ins Leben gerufen, die mit einem Budget von 1 Mrd. EUR ausgestattet ist. Die Agentur mit Sitz in Leipzig fördert Projekte in der Vorvermarktungsphase, die durch regelmäßig stattfindende Innovationswettbewerbe ausgewählt werden, und führt selbst Innovations-Scouting durch. Angesichts der herrschenden Beschränkungen durch Verwaltungsabläufe und Beschaffungsregelungen, die derzeit die Funktionsfähigkeit der Agentur behindern, bleibt abzuwarten, ob die finanzielle Ausstattung und Struktur dieser Behörde ausreicht und ob die geförderten Projekte zu marktreifen Produkten führen.

Die Bundesregierung hat den Hightech-Gründerfonds als leistungsstarke, plattformgestützte Struktur für die Förderung von Start-ups eingerichtet. Als Plattform mit eigenen Investment-Manager*innen kombiniert er verschiedene öffentliche und private Fördermittel. Der Fonds ist zwar nicht in erster Linie wissenschaftsorientiert, kann aber auch die besten und relevantesten Ideen aus der Wissenschaft unterstützen. Die „Hightech-Strategie 2025“ fördert zudem Innovationspartnerschaften mit einem Konzept für Innovationscluster und -netzwerke. Ihr Hauptziel ist es, die Anzahl neuer, offenerer Formen der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Akteuren der Zivilgesellschaft und wissenschaftlichen Institutionen massiv anzuheben.

Die im Jahr 2019 angestoßene Transferinitiative des BMWK unterstützt innovative und kollaborative Vorhaben von Unternehmen. Wichtigstes Anliegen der Initiative ist es, Hemmnisse für eine Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie bei denjenigen Unternehmen ausfindig zu machen, die bislang nicht an wissenschaftlichen Kollaborationsprojekten mitgewirkt haben, und deren Innovationstätigkeit zu steigern. Die Initiative besteht aus einer Reihe öffentlicher Veranstaltungen zu innovationsrelevanten Themen, darunter Diskussionen mit Vertretern aus der Wirtschaft, Wissenschaft, den Verbänden, dem Projektmanagement sowie Regierung und Verwaltung. Weiterer Bestandteil ist eine landesweite mobile Informationskampagne in Zusammenarbeit mit den örtlichen Industrie- und Handelskammern.

Im Kontext der KMU hat die Praxis gezeigt, dass ein erfolgreicher Wissenstransfer eine fachlich qualifizierte Unterstützung sowohl für die Bestimmung als auch für die Umsetzung von Technologie- und Wissenstransferprojekten erfordert. Unlängst eingeleitete Maßnahmen zur Verbesserung der Innovationskapazität und Technologieakzeptanz von KMU sowie deren Beteiligung an Innovationspartnerschaften gehen in die richtige Richtung, doch sollten die finanzielle Ausstattung und der Umfang dieser Programme erhöht werden. Verbesserte Wissenstransferchancen für KMU gehen Hand in Hand mit einem verbesserten Zugang von KMU zu FuE und deren Möglichkeiten, sich qualifiziertes Humankapital und neue Kompetenzen zu erschließen und sie an sich zu binden. Dieses Ziel kann durch eine verstärkte Förderung von FuE-Vorhaben (mit Unterstützung in der Projektausarbeitung), die Platzierung von qualifiziertem Humankapital (beispielsweise durch eine zweijährige Ko-Finanzierung von Gehältern) oder durch die Vernetzung von KMU mit unterstützendem Forschungspersonal und Verfahrenstechnikern in öffentlichen Einrichtungen erreicht werden.

Insgesamt findet das Engagement der Bundesregierung für eine verbesserte Umsetzung wissenschaftlicher Forschung in neue Produkte und innovative Lösungen an den Märkten seine Entsprechung in den verschiedenen politischen Strategien und Förderprogrammen für Start-ups, für die Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft und für die Kommerzialisierung von Technologien. Indes hat das Verhältnis zwischen Wissenschafts- und Innovationspolitik etwas unter ineffizienter Koordination und voneinander abweichenden Zielsetzungen gelitten. Der nicht hinreichend richtungsweisende Wandel in der Intensität des Wissenstransfers im Kontext verbesserter Rahmenbedingungen für Forschung und Wissenschaft deutet darauf hin, dass die bisherigen forschungspolitischen Maßnahmen, trotz markanter Ergebnisse bei der Verbesserung der Forschungsqualität, nicht in Innovationen umgemünzt werden konnten.

Literaturverzeichnis

- AiF (2022), „AiF at a Glance“, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., Köln, https://www.aif.de/fileadmin/user_upload/aif/medienraum/Pr%C3%A4sentationen_und_Posters/AiF_At-a-glance-16zu9_2021-en.pdf. [7]
- AiF (o. J.), „ZIM-Kooperationsprojekte“, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., Köln, <https://www.aif.de/foerderangebote/zim-kooperationsprojekte.html#:~:text=ZIM%20%2DKooperationen%20stark%20nachgefragt&text=Dezember%202021%20wurden%20ca.,Euro%20auf%20den%20Weg%20gebracht> (Abruf: 3. Mai 2022). [29]
- Bersch und Gottschalk (2019), *Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2017: Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich*, Commission of Experts for Research and Innovation (EFI), Berlin. [19]
- Breschi, A., J. Lassébie und C. Menon (2018), „A portrait of innovative start-ups across countries“, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2018/02, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/f9ff02f4-en>. [15]
- CWTS (2020), „CWTS Leiden Ranking 2020“, Centre for Science and Technology Studies, Leiden, <https://www.leidenranking.com/ranking/2020/list>. [12]
- Davey, T. et al. (2018), *The State of University-Business Cooperation in Europe: Final Report*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2766/676478>. [27]
- EFI (2020), *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020*, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin, https://www.efi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/EFI_Gutachten_2020.pdf. [20]
- EPA (2020), *Valorisation of scientific results Patent commercialisation scoreboard: European universities and public research organisations*, Europäisches Patentamt, München, [https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/f90b78b96b1043b5c1258626006cce35/\\$FILE/Valorisation_of_scientific_results_en.pdf](https://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/f90b78b96b1043b5c1258626006cce35/$FILE/Valorisation_of_scientific_results_en.pdf). [13]
- Fraunhofer (o. J.), „Programm »KMU akut«“, Fraunhofer-Gesellschaft, Karlsruhe, <https://www.fraunhofer.de/de/forschung/leistungsangebot/technologietransfer/kmu-akut-programm--forschung-fuer-den-mittelstand-.html>. [5]
- Frietsch et al. (2022), *A microeconomic perspective on the impact of the Fraunhofer-Gesellschaft*, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/forschung/leistungsangebot/Report-Microdata-2022.pdf>. [6]
- Frietsch, R. et al. (2021), *Spin-Offs from Public Research Organisations in Germany: A Comprehensive ANalysis based on Bibliometric, Patent, Website and Company Register Data*, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, und ZEW, Mannheim, https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cci/2021/Report_Allianz-Studie_final.pdf. [14]

- GWK (2021), *Pakt für Forschung und Innovation - Monitoring-Bericht 2021 (Band I)*, Gemeinsame Wissenschaftskonferenz, Bonn, https://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Papers/PFI-Monitoring_2021_Band_I.pdf. [17]
- Kaufmann, P. et al. (2019), *Evaluation des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM): Richtlinie 2015 – Endbericht*, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, <https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/Publikationen/Studien-Evaluationen/evaluation-zim-2019-07.pdf>. [30]
- Kirchherr, J. et al. (2018), „Future Skills: Welche Kompetenzen in Deutschland fehlen“, *Future Skills Diskussionspapier*, No. 4, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Essen, <https://www.future-skills.net/analysen/future-skills-welche-kompetenzen-in-deutschland-fehlen>. [26]
- Kollmann, T. et al. (2021), *Deutscher Startup Monitor 2021*, Bundesverband Deutsche Startups e. V., Berlin, und PwC Deutschland, Frankfurt a. M., https://startupverband.de/fileadmin/startupverband/mediaarchiv/research/dsm/dsm_2021.pdf. [10]
- Kreiling, L. und C. Paunov (2021), „Knowledge co-creation in the 21st century: A cross-country experience-based policy report“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 115, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/c067606f-en>. [1]
- Kulicke, M. (2021), *Innovative Start-ups in der Initialphase fördern. Ergebnispapier 4*, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, <http://dx.doi.org/10.11586/2021025>. [18]
- Lambertus, T., J. Schmalenberg und M. Keckl (2019), „Case study on programmes to promote spin-offs at Fraunhofer-Gesellschaft, Germany. Contribution to the OECD TIP Knowledge Transfer and Policies project“, Policy Case Study, OECD, Paris, <https://stip.oecd.org/assets/TKKT/CaseStudies/16.pdf>. [16]
- Montesor, S. und F. Quatraro (2017), „Regional Branching and Key Enabling Technologies: Evidence from European Patent Data“, *Economic Geography*, Vol. 93/4, S. 367–396, <http://dx.doi.org/10.1080/00130095.2017.1326810>. [2]
- Narin, F., K. Hamilton und D. Olivastro (1997), „The increasing linkage between U.S. technology and public science“, *Research Policy*, Vol. 26/3, S. 317–330, [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(97\)00013-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(97)00013-9). [21]
- OECD (2021), *Bildung auf einen Blick 2021: OECD-Indikatoren*, wbv Media, Bielefeld, <http://dx.doi.org/10.3278/6001821ow>. [25]
- OECD (2021), *Continuing Education and Training in Germany, Getting Skills Right*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/1f552468-en>. [23]
- OECD (2019), *University-Industry Collaboration: New Evidence and Policy Options*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/e9c1e648-en>. [3]
- OECD (o. J.), „Graduates by field of education“, *OECD Education at a Glance Database*, Datensatz, OECD, Paris, <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=RGRADSTY#>. [24]
- OECD (o. J.), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00182-en>. [11]

- OECD (o. J.), „OECD Science, Technology and Innovation Scoreboard“, OECD, Paris, [8]
<https://www.oecd.org/sti/scoreboard.htm>.
- OECD (o. J.), „Science-industry knowledge transfer and sharing in Germany“, *STIP Compass*, [4]
 OECD, Paris, <https://stip.oecd.org/stip/interactive-dashboards/countries/Germany/themes/TH5>.
- Roessler, I. (2020), *Transfereinrichtungen an deutschen Hochschulen*, Centrum für [28]
 Hochschulentwicklung, Gütersloh,
https://www.che.de/download/check_transfer/?ind=1588161194244&filename=CHeck-Transfereinheiten.pdf.
- Squicciarini, M., H. Dernis und C. Criscuolo (2013), „Measuring Patent Quality: Indicators of [22]
 Technological and Economic Value“, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2013/3, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5k4522wkw1r8-en>.
- ZEW (2021), *Innovationen in der Deutschen Wirtschaft*, ZEW, Mannheim, [9]
https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/21/mip_2021.pdf?v=1643623456.

Anmerkungen

¹ Der Anteil der Masterabsolvent*innen in MINT-Fächern stieg von 30 % im Jahr 2005 auf 36 % im Jahr 2019. Bei Absolvent*innen mit Dokortitel in diesen Fächern fiel der Anstieg noch deutlicher aus, nämlich von 36 % im Jahr 2005 auf 46 % im Jahr 2019.

² FuE-Vorhaben werden von den Forschungsinstituten der Mitgliedsorganisationen (2020: 30 %), von tertiären Bildungseinrichtungen (55 %) und von öffentlichen Forschungsinstituten (15 %) durchgeführt, üblicherweise in Form von Kooperationsprojekten. KMU werden im Rahmen dieser Projekte zwar nicht direkt gefördert, wirken aber beratend und steuernd in FuE-Projekten mit und können deren Ergebnisse nutzen.

³ Der Ansatz des Forschungscampus griff den neuen Standard der für einen Zeitraum von 5+5 Jahren gewährten Förderperspektive für Schlüsselprojekte auf, der noch vor 10 bis 15 Jahren kaum verbreitet war, jetzt jedoch nahezu vorherrschend ist.

Teil VI Steuerung: Governance und Politik für das deutsche Innovations- system im Wandel

14 Nationale WTI-Governance, EU-Führungsrolle und inter- nationales Engagement

Dieses Kapitel behandelt die Governance des deutschen Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystems (WTI-System) und geht dabei u. a. auf die bundesweite Agendasetzung, die interministerielle Zusammenarbeit sowie die Auswirkungen des Föderalismus ein. Darüber hinaus wird die Führungsrolle Deutschlands auf EU- und internationaler Ebene in diesem Politikbereich beleuchtet. Ein zentrales Thema sind die Herausforderungen für die deutsche WTI-Governance im Kontext der ökologischen und digitalen Transformation. In diesem Kapitel wird die Empfehlung erörtert, eine gemeinsame Vision für Deutschland für 2030 und 2050 zu entwickeln, die für die Gestaltung der Zukunft Deutschlands angesichts dieser doppelten Transformation entscheidend ist.

Einleitung

Das deutsche Wissenschafts-, Technologie- und Innovationssystem (WTI-System) wird von einer Vielzahl gut ausgestatteter Institutionen auf Bundes- und Länderebene gesteuert. Dank dieser Institutionen – Ministerien, Forschungseinrichtungen, Hochschulen sowie Organisationen des privaten Sektors – leistet das deutsche Innovationssystem stets einen wichtigen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und somit auch zum sozioökonomischen Wohlergehen.

In Anbetracht der Reife des deutschen Innovationssystems und seines Erfolgs in der Vergangenheit könnte man annehmen, dass für den zukünftigen Erfolg lediglich geringfügige Verbesserungen und Anpassungen der Governance erforderlich sind. Inwieweit dies zutrifft, hängt jedoch davon ab, welche Ziele die Politikverantwortlichen für das Innovationssystem formuliert haben. Die Art und das Tempo des technologischen Wandels in Verbindung mit zeitkritischen kontextuellen und transformativen Herausforderungen (wie z. B. der Digitalisierung der Industrie und der Emissionsminderung) legen den Schluss nahe, dass Deutschlands Strukturen und Prozesse für die WTI-Governance möglicherweise angepasst werden müssen, um die starke Position des Landes zu erhalten. Die Politikverantwortlichen müssen daher bestimmte Herausforderungen für die WTI-Governance angehen:

- Die politischen und gesellschaftlichen Erwartungen an das WTI-System haben sich geändert und die Wettbewerbsfähigkeit ist nicht mehr das Hauptmotiv für Politikinterventionen. Die Ausrichtung des WTI-Systems auf zusätzliche sozioökonomische Zielsetzungen ist aus Governance-Sicht eine komplexere Aufgabe.
- Die politische Ökonomie der ökologischen Transformation stellt eine Herausforderung dar, da das WTI-Governance-System nun mit Politikzielen konfrontiert ist, die über die reine Wettbewerbsfähigkeit hinausgehen und dieser manchmal sogar (zumindest kurzfristig) zuwiderlaufen. Das WTI-System muss daher in der Lage sein, aufkommende Spannungen zu bewältigen und Transformationen zu erleichtern. So muss beispielsweise das richtige Gleichgewicht zwischen nicht direktionalen und technologieutralen Governance-Ansätzen einerseits und Ansätzen mit größerer Direktionalität andererseits gewährleistet werden.
- An Innovationen für Transformationen ist eine Vielzahl von Akteuren beteiligt. Dementsprechend muss das WTI-System vermehrt multidisziplinäre Ansätze unterstützen, damit vielfältiges Fachwissen zum Tragen kommt. Die Governance-Institutionen – ob in den Bundesministerien oder Forschungseinrichtungen – müssen zudem die Koordination und kollaborative Innovation verbessern, da ressortübergreifende Kollaborationen (z. B. in Fragen der nachhaltigen Energieerzeugung und -nutzung zwischen den für Energie, Umwelt, Wirtschaft und Forschung zuständigen Ressorts) im neuen Kontext wichtiger sind. Die sozialen Auswirkungen der digitalen und ökologischen Transformation, die eine asymmetrische Wirkung auf die Beschäftigung in den verschiedenen Sektoren haben und den Bedarf an bestimmten Kompetenzen auf Kosten anderer erhöhen kann, erfordern überdies eine stärkere Einbeziehung der Zivilgesellschaft sowie der für Sozialfragen zuständigen Institutionen.

In diesem Abschnitt wird die Governance des deutschen WTI-Systems im Kontext der oben dargelegten Herausforderungen erläutert. Er beginnt mit zwei Empfehlungen. Die erste betrifft die Einrichtung eines systemweiten „Forums“, um die Komplexität der WTI-Politik im Kontext der transformativen Herausforderungen zu steuern und zu bewältigen. Es wird empfohlen, dass das Forum für das gesamte deutsche WTI-System im Rahmen von Foresight-Prozessen eine Vorausschau erstellt, die hier als die Initiative „Deutschland 2030 und 2050“ bezeichnet wird. Die zweite betrifft Deutschlands Rolle als internationaler Vorreiter im Bereich der WTI-Governance und untersucht, wie Deutschland seine internationale Position nutzen kann, um Innovationen sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene zu fördern. Im Anschluss daran werden aktuelle Aspekte des Governance-Systems beleuchtet, die für die Bewältigung der in diesem Bericht erörterten Herausforderungen wesentlich sind.

Empfehlung 1: Eine gemeinsame Vision „Deutschland 2030 und 2050“ entwickeln

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Die meisten transformativen Herausforderungen, die sich aus der Nachhaltigkeitswende und dem digitalen Wandel ergeben, stellen Deutschlands bestehendes Governance-System für Innovation infrage. Das hat zu wichtigen experimentellen Ansätzen geführt, insbesondere im Rahmen der Strategie für Forschung und Innovation (F&I-Strategie) (vgl. Kapitel 5), um neue Governance-Modelle für Wissenschaft, Technologie und Innovation zu entwickeln. Diese Empfehlung sieht die Einrichtung eines systemweiten „Forums“ vor, das das deutsche WTI-System auf bestimmte Ziele ausrichten soll, die in einer strategischen Vision beschrieben sind. Der Vorschlag zielt auf eine zeitgebundene und kollaborativ entwickelte Vision für Deutschland. Für die Verwirklichung der Vision wird diese Empfehlung durch Empfehlung 2 zur Einrichtung eines öffentlich-privaten Labors für die Erprobung von Innovationspolitik ergänzt.

E1.1 Die Bundesregierung sollte ein ressort-, länder-, institutionen- und sektorenübergreifendes Forum einrichten, um den Prozess der Entwicklung einer gemeinsamen Vision zu steuern, die auf identifizierten prioritären Handlungsbereichen aufbaut. Ziel dieses Forums ist es, eine breite Teilhabe bei der Politikgestaltung und der Ermittlung von Prioritäten zu gewährleisten, um sowohl die Horizontalität und multidisziplinären Ansätze zu fördern, die den Herausforderungen von Transformationen gerecht werden, als auch die soziale und politische Legitimität der vorgeschlagenen Maßnahmen sicherzustellen. Das Forum sollte zudem ein Umfeld bieten, in dem alle Politikbereiche (z. B. Digital-, Sozial-, Bildungs-, Umwelt- und Gesundheitspolitik) in ihren Wechselbeziehungen mit WTI diskutiert werden können. Obwohl diese Themenkomplexe außerhalb des traditionellen WTI-Politikportfolios liegen, haben sie unweigerlich Einfluss auf die Wirksamkeit von Politikinterventionen.

E1.2 Das Forum sollte Innovationspfade entwickeln, um die angestrebte Vision „Deutschland 2030 und 2050“ zu verwirklichen, sowie Konzepte für den Umgang mit künftigen Risiken und Teilhabefragen bei der Ausrichtung der Innovationspolitik erarbeiten. Die digitale Transformation und das Bestreben um ökologisch nachhaltige Entwicklungspfade bringen für alle Länder bedeutende sozioökonomische Veränderungen mit sich. Hinzu kommen die erhöhten Risiken, darunter Gesundheitsgefahren (wie die Covid-19-Pandemie), geopolitische Konflikte und Klimawandel, die durch die Verflechtung der Weltwirtschaft entstehen. Eine gemeinsame Vision ist das Fundament für beständigeres und strategischeres Handeln, anstatt die Herausforderungen ad hoc und reaktiv zu adressieren. Die Teilhabedebatte sollte auch potenzielle Zielkonflikte zwischen Innovationsexzellenz und Teilhabe thematisieren und sich damit auseinandersetzen, wie diese Herausforderungen am besten angegangen werden können.

E1.3 Die Vision und das Forum müssen auf höchster Regierungsebene, von führenden Wirtschaftsakteuren und von der Gesellschaft als zentral anerkannt werden, um eine Agenda des Wandels im WTI-System wirksam voranzubringen. Das Forum sollte hochrangige politische Unterstützung erhalten, damit es auf die Mitwirkung von Ministerien und Institutionen auf Bundes- und Länderebene und von WTI-Akteuren im weiteren Sinne zählen kann.

E1.4 Für eine effektive Verwirklichung muss ein öffentlich-privat budgetierter Strategieplan zur Umsetzung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ erstellt werden. Der Plan sollte sich auf wesentliche thematische Handlungsbereiche und das Monitoring der in verschiedenen Phasen erzielten Fortschritte konzentrieren. Hauptthemen sind Digitalisierung und das Erreichen der ökologischen Nachhaltigkeitswende und die Rolle von Innovationen und generell WTI in diesem Zusammenhang. Weitere mit diesen verknüpfte Themen sind die Stärkung der Krisenresilienz (z. B. in der Lieferkette), Schlüsseltechnologien, die industrielle Transformation und Diversität im Innovationssystem (Geschlecht, Alter, ethnische Herkunft und

sozioökonomischer Hintergrund). In Abhängigkeit davon, welche Prioritäten für „Deutschland 2030 und 2050“ gesetzt werden, könnten spezifischere Themen hinzukommen.

E1.5 Wichtig ist, dass die entlang zentraler Missionen definierte Verwirklichung nicht von oben nach unten (top-down), sondern von unten nach oben (bottom-up) und marktorientiert erfolgen sollte. Bottom-up-Ansätze können schnellere Implementierungspfade zur Verwirklichung der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ fördern. Insbesondere akteursgetriebene Ansätze können die Transformation beschleunigen, indem sie Innovationspioniere in bestimmten Regionen, Sektoren, Städten und Politikbereichen „belohnen“. Marktorientierung ist auch ein Schlüsselaspekt des Plans zur Verwirklichung der Vision, in dem Transformationspfade und Partnerschaften mit Partnern aus der Industrie aufgezeigt und vereinbart werden sollten. Auf diese Weise verpflichten sich sowohl der Staat als auch die Industrie zu Investitionen und anderen Beiträgen oder Initiativen (wie die Initiative „Fossilfreies Schweden“, bei der Roadmaps für die Industrie zwischen Industrie und Staat ausgehandelt wurden), die die Transformation fördern. Der Transformationsdialog Automobilindustrie ist ein erster Versuch in diese Richtung.

E1.6 Wichtige Ziele des Forums und der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ wären das Erschließen systemischer Kapazitäten für WTI und eine bessere Koordinierung bei missionsorientierten Ansätzen. Deutschland hat eine Reihe missionsorientierter Ansätze für WTI entwickelt, sie sind jedoch nicht immer transformativ genug und leiden unter mangelnder Kohärenz und Koordination zwischen den Missionen.

Maßgebliche globale Erfahrung

Einige der größten Herausforderungen für die WTI-Governance sind auf die Schwierigkeiten beim Umgang mit den Beiträgen und Erwartungen verschiedener Disziplinen und Interessengruppen zurückzuführen. Die Politikverantwortlichen in Deutschland könnten daher von einem hochrangigen Beratungs- und Entscheidungsgremium wie in Finnland profitieren. Das Prinzip eines hochrangigen Gremiums, das auf systemweiter strategischer Expertise und Beratung aufbaut und mit der Regierungszentrale verbunden ist, könnte nutzbringend auf den deutschen Kontext übertragen werden. Auch wenn sein Wirkungsbereich weiter gefasst sein müsste als in Finnland, könnte ein solches Gremium für eine größere systemische Kohärenz von WTI-Politikmaßnahmen sorgen, insbesondere dort, wo der Erfolg der WTI-Politik mit anderen Politikfeldern verknüpft ist.

Finnland hat seit jeher ein Governance-Modell für WTI, das ein hochrangiges Beratungsgremium mit der Entscheidungskompetenz der Regierung kombiniert. Dieses Governance-Modell hat sich bei der Festlegung von WTI-Politikprioritäten auf der Basis einer systemischen Betrachtung des nationalen Innovationssystems bewährt (OECD, 2009^[1]; Schwaag-Serger, Wise und Arnold, 2015^[2]). Der finnische Rat für Forschung und Innovation wurde im Lauf der Zeit mehrmals umbenannt und umstrukturiert. Eine Konstante bilden hingegen der Vorsitz durch den*die Ministerpräsident*in und die Besetzung des Rats mit den für die F&I-Politik maßgeblichen Minister*innen sowie einer kleinen Gruppe von F&I-Akteuren. Der Rat fungiert als Politikforum mit Zugang zu der strategischen Expertise und Systemperspektive, die erforderlich sind, um intelligente Politikmaßnahmen vorzuschlagen. Er hat zudem die politische Legitimität und Macht, über Prioritäten zu entscheiden. Durch die Anhebung der Diskussions- und Entscheidungsebene von der Ministeriumsebene auf die ressortübergreifende Ebene leistete der*die Ministerpräsident*in in der Vergangenheit einen wichtigen Beitrag. Ein weiterer Erfolgsfaktor war, dass sich die Ratsentscheidungen auf hochrangige, richtungsweisende Fragen beschränkten und die bestehenden F&I-Strukturen mit der Ausgestaltung und Umsetzung betraut wurden. Einen dritten Erfolgsfaktor bildete der breite politische Konsens darüber, wie wichtig Investitionen in WTI und das Hochschulwesen für Wirtschaftswachstum und Entwicklung sind. Solange darüber Einigkeit herrschte, hatten politische Zyklen kaum Einfluss auf die WTI-Politik, da es in diesem Bereich keine größeren Unstimmigkeiten zwischen den aufeinanderfolgenden Regierungen gab.

Dieses Konstrukt ist jedoch nicht unfehlbar, da es vom Interesse und der Bereitschaft des*der Ministerpräsident*in abhängt, die Führungsrolle zu übernehmen. Dieses Interesse – und der politische Konsens darüber, dass die F&I-Politik die wirtschaftliche Entwicklung und das Wachstum selbst in Rezessionsphasen fördern soll – ist in den letzten zehn Jahren verloren gegangen. Das Ergebnis waren eine Fragmentierung der finnischen F&I-Politik und nachlassende nationale Anstrengungen in der Forschung und Entwicklung (FuE) für Schlüsseltechnologien. Dadurch blieb das Land bei der Ausarbeitung von Strategien zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen hinter anderen Ländern zurück (OECD, 2017^[3]). Finnland setzte sich im Dezember 2021 erneut das Ziel, die FuE-Ausgaben bis 2030 auf 4 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zu steigern, und erzielte eine politische Einigung, die öffentlichen FuE-Ausgaben auf 1,33 % des BIP zu erhöhen, um dieses Ziel zu erreichen (Finnish Government, 2021^[4]).

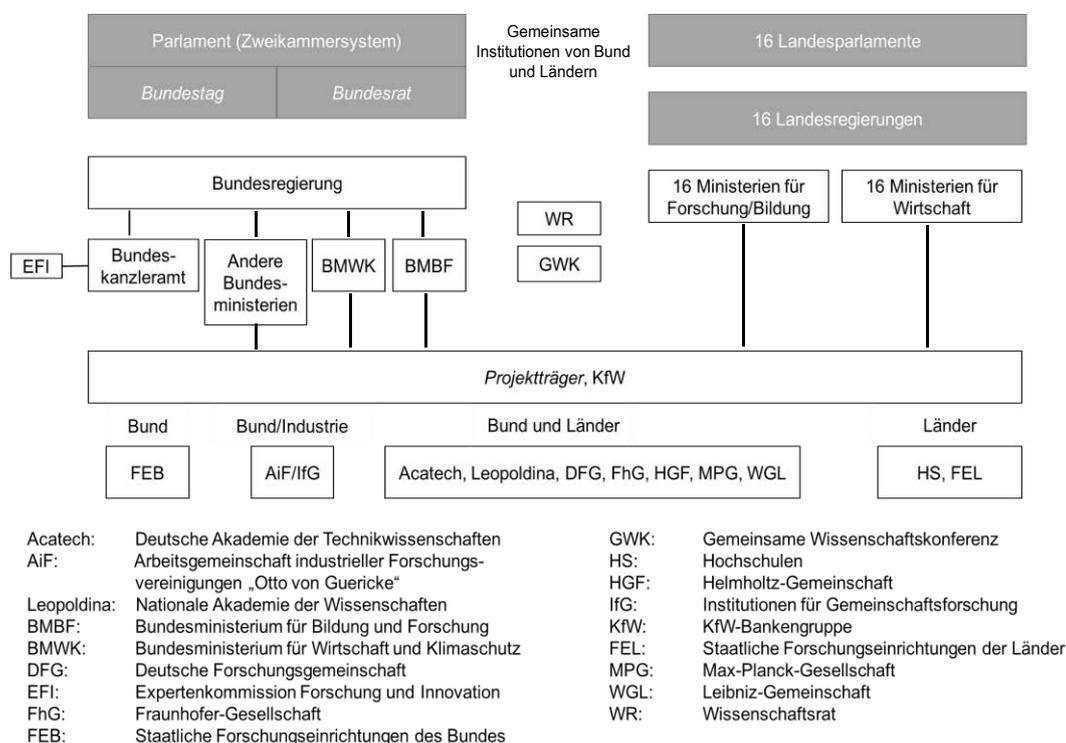
14.1. Überblick über die WTI-Governance

Der folgende Abschnitt behandelt die WTI-Governance in Deutschland. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Fähigkeit, den zusätzlichen Druck zu bewältigen, der durch die transformativen Herausforderungen des Klimawandels und der Digitalisierung auf das WTI-System ausgeübt wird.

14.1.1. Strukturen der F&I-Governance in Deutschland

Die Organisationsstruktur für die F&I-Governance in Deutschland entspricht im Großen und Ganzen der allgemein üblichen Arbeitsteilung. Die F&I-Politik wird von mehreren Fachministerien beaufsichtigt und von externen Expertengremien wie der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) begleitet. Deutschland unterscheidet sich von anderen Ländern durch die starke Rolle der regionalen WTI-Governance. Die Parallelinstitutionen in den einzelnen Bundesländern verfügen über ein hohes Maß an politischer und strategischer Autonomie (Abbildung 14.1).

Abbildung 14.1. Governance-Struktur für Forschung, Entwicklung und Innovation (FEI) in Deutschland



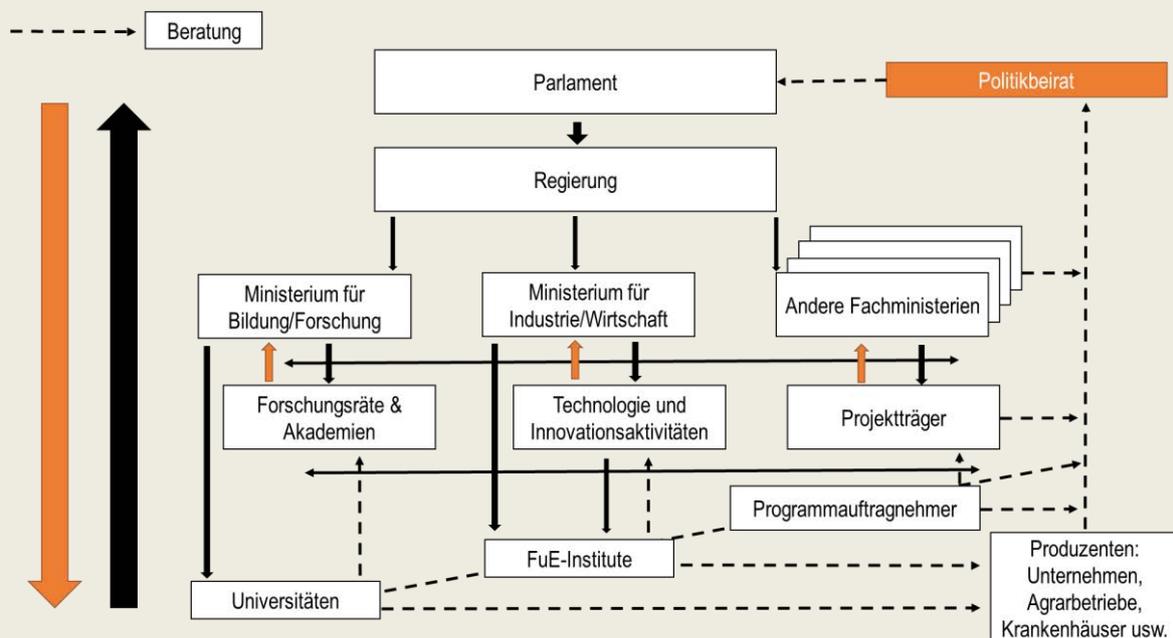
Quelle: OECD.

Eine Stärke des deutschen Systems für F&I-Governance ist, dass die mangelnde zeitliche Deckungsgleichheit – d. h. das Missverhältnis zwischen kurzen politischen Zyklen und den längeren FuE-Zyklen – kein größeres Problem darzustellen scheint, wie es in anderen Volkswirtschaften u. U. der Fall ist (Kasten 14.1). Die F&I-Politik wird eher schrittweise umgebaut als radikal geändert. Mehrere hochrangige Organisationen leisten Politikberatung für die Bundesregierung, aber keine von ihnen fungiert als „höchste Instanz“ oder bezieht Regierungsmitglieder ein. Ein wesentlicher Aspekt ist, dass kein Ministerium allein für die gesamte F&I-Politik zuständig ist.

Kasten 14.1. Standardstrukturen für WTI-Governance

Abbildung 14.2 veranschaulicht eine in Industrieländern übliche Struktur für die WTI-Governance. Die schwarzen Abwärtspeile zeigen die Übertragung von Aufgaben und Autorität, die roten Aufwärtspeile stehen für Informationsfluss und Rechenschaftslegung. Es liegt auf der Hand, dass diese Organisationsform Silos in den Ministerien schafft.

Abbildung 14.2. Schematische Darstellung einer typischen WTI-Governance-Struktur



Quelle: OECD.

Diese Struktur hat Auswirkungen auf die WTI-Politik. Wesentliche Aspekte der typischen Governance-Struktur werden im Folgenden beschrieben:

- Governance-Strukturen können durch das zeitliche Missverhältnis zwischen den kürzeren politischen Zyklen von Parlamenten und Regierungen und den viel längeren natürlichen F&I-Zyklen beeinträchtigt werden. Daher ist ein parteiübergreifendes Mindestmaß an Konsens und Konsistenz in der F&I-Politik erforderlich, um so radikale Politikänderungen zu vermeiden, dass eine Regierung die Errungenschaften vorangegangener Regierungen während einer einzigen Legislaturperiode zunichtemachen kann. In Ländern mit einer erfolgreichen Politik gibt es in der Regel wenig politische Kontroversen über F&I; neue Regierungen tendieren in diesen Fällen eher zu schrittweisen Anpassungen als zu einem radikalen Kurswechsel.

- Bei den meisten F&I-Systemen handelt es sich um „Zwei-Säulen“-Systeme, bei denen zwei Kategorien von Ministerien die staatlichen F&I-Ausgaben dominieren: Bildungs- und Forschungsministerien konzentrieren sich im Allgemeinen auf akademische Forschung (Grundlagenforschung), während das für die Wirtschaft zuständige Ministerium ein starkes Interesse an angewandter F&I hat. Als Fürsprecher der akademischen Gemeinschaft bzw. der Wirtschaft (die unterschiedliche Wertesysteme haben) stehen sie im ständigen Wettbewerb um Aufmerksamkeit und Ressourcen miteinander.
- Für die Politikberatung steht den Regierungen traditionell ein hochrangiger Politikbeirat zur Seite. Dieser bietet eine Grundlage für die Entscheidungsfindung und Koordination sowie ein Forum, in dem Politikalternativen innerhalb der Regierung und mit wichtigen nichtstaatlichen Akteuren debattiert werden können (OECD, 2009[1]; Schwaag-Serger, Wise und Arnold, 2015[2]). Bis etwa 2010 galt der finnische Rat für Wissenschafts- und Technologiepolitik (der jetzt umstrukturiert und in „Rat für Forschung und Innovation“ umbenannt wurde) weithin als internationale Best Practice (siehe oben).
- Der breite Einsatz von Projektträgern und anderen nachgeordneten Einrichtungen zur Politikumsetzung kann zu „Principal-Agent“-Problemen führen, bei denen die Beauftragten nicht im bestmöglichen Interesse ihrer Auftraggeber handeln. Diese nachgeordneten Stellen können jedoch Stakeholder-Beziehungen und strategische Expertise im unmittelbaren Umfeld der Politikumsetzung aufbauen, was den Ministerien selbst nicht möglich ist. Dadurch können sie u. U. Ideen für die Programmgestaltung und -umsetzung entwickeln.
- Die effektivste Koordinierungsebene ist die Regierung, vorausgesetzt der*die Regierungschef*in ist bereit, als oberstes Entscheidungsorgan im System zu fungieren. Die interministerielle Koordinierung ist die zweiteffektivste Ebene: Die Minister*innen haben die nötigen Entscheidungsbefugnisse, konkurrieren aber auch um Einflussbereiche und Budgets. Projektträger und andere nachgeordnete Einrichtungen sind weniger effektive Koordinatoren, da ihre Entscheidungsbefugnis begrenzt ist: Der Dialog zwischen den nachgeordneten Stellen wird dadurch eingeschränkt, dass sie innerhalb des Zuständigkeitsbereichs ihres Ministeriums bleiben müssen und keine Entscheidung treffen können, die implizit eine Entscheidung auf Ministeriumsebene aufhebt.

14.1.2. Ministerielle Zuständigkeiten bei der WTI-Governance

In Deutschland gibt es 15 Bundesministerien (und das Bundeskanzleramt). In der Praxis nehmen sie dieselben Aufgaben wahr wie in den meisten anderen Ländern. Dies wird jedoch ergänzt durch Steuerungs- und Koordinierungsfunktionen auf Ebene der Länder. Die Zuständigkeiten der Ministerien verändern sich im Lauf der Zeit, was aber offenbar eher auf politisch motivierte Umstrukturierungen als auf Änderungen der generellen Strategie zurückzuführen ist (Edler und Kuhlmann, 2008^[5]). Jedes Ministerium ist für die Forschung zuständig, die es zur Erfüllung seiner Aufgaben benötigt. Diese Ressortforschung wird von Ressortforschungseinrichtungen, öffentlichen Forschungseinrichtungen und anderen externen Forschungsauftragnehmern durchgeführt.

Die deutsche WTI-Governance auf Ministeriumsebene ist größtenteils zwischen zwei Ministerien aufgeteilt, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)¹ und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)². Die Governance auf der ministeriellen Ebene folgt damit dem Zwei-Säulen-Ansatz, der in vielen Systemen für WTI-Governance üblich ist. In der Praxis überschneiden sich jedoch die Zuständigkeiten der beiden Ministerien: Das BMBF hat Aufgaben, die sich auf die Innovationsfähigkeit auswirken, und das BMWK verbindet viele seiner innovationsbezogenen Maßnahmen mit Forschung. Diese partielle Überschneidung fördert die Zusammenarbeit und erleichtert es den beiden Ministerien, die F&I-Politik in einer stärker integrierten Weise anzugehen als es in vielen anderen Ländern der Fall ist.

Die Zuständigkeit für Bildung, einschließlich Hochschulwesen, liegt im Wesentlichen bei den Ländern. Für Forschung sind Bund und Länder gemeinsam zuständig, wenngleich der Bund den Großteil der Mittel bereitstellt. In Tabelle 14.1 sind die wichtigsten Zuständigkeiten der beiden Bundesministerien aufgeführt.

Das BMBF verantwortet (zusammen mit den Ländern) bildungs- und forschungspolitische Maßnahmen, die durch die Hochschulen und andere staatliche Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen umgesetzt werden. Es hat die Exzellenzinitiative zur Stärkung der deutschen Hochschulen ins Leben gerufen. Das BMBF ist federführend für die F&I-Strategie (d. h. die früheren Versionen der HTS, die aktuelle HTS 2025 und die demnächst erwartete Zukunftsstrategie Forschung und Innovation) verantwortlich, die die F&I-Anstrengungen aller Ministerien bündeln soll. Eine weitere Aufgabe des Ministeriums ist die Vernetzung des deutschen Forschungs- und Hochschulsektors auf EU- und internationaler Ebene. Auch die Nationale Bioökonomiestrategie fällt in den Verantwortungsbereich des BMBF.

Das BMWK befasst sich mit der Nutzung und Umsetzung von Forschungsergebnissen in der Wirtschaft ebenso wie mit Transformation im weiteren Sinne. Zum Teil erfordern die Innovationsprogramme des Ministeriums die Einbindung von Forschungsakteuren. Zudem muss das BMWK mit anderen Ministerien kooperieren, um seine Innovations- und Industriepolitik mit anderen Sektoren der Gesellschaft wie dem Gesundheits-, Verkehrs- oder Umweltsektor abzustimmen. Im Bereich der beruflichen Bildung überschneiden sich die Zuständigkeiten von BMBF und BMWK (vgl. Tabelle 14.1).

Tabelle 14.1. WTI-Zuständigkeiten des BMBF und BMWK

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
<ul style="list-style-type: none"> • Europäische und internationale Zusammenarbeit in Bildung und Forschung • Allgemeine und berufliche Bildung • Lebensbegleitendes Lernen • Hochschulen • Forschung (an Hochschulen und Forschungseinrichtungen) • Forschung für technologische Souveränität und Innovationen • Grundlagenforschung 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftspolitik • Energiepolitik • Industriepolitik • Innovationspolitik • Mittelstandspolitik • Nationale Klimaschutzpolitik • EU-Wirtschaftspolitik

Quelle: Extrapolation aus den Internetseiten des BMBF und des BMWK.

14.1.3. Beratungsgremien

Wie nachstehend aufgeführt, beraten mehrere unabhängige Gremien die Bundesregierung. Eine wesentliche Herausforderung ist die effizientere Gestaltung der WTI-Beratungskanäle, die die öffentliche Politik beeinflussen und zu konkretem Politikhandeln führen können. Das in Empfehlung 1 (und Empfehlung 2) beschriebene Forum könnte dazu beitragen, dies zu erreichen.

- Die 2002 gegründete **Deutsche Akademie der Technikwissenschaften** (acatech) wird vom Bund und den Ländern finanziert, um strategische Politikberatung in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen zu leisten. Sie umfasst Expert*innen aus Wissenschaft und Wirtschaft und legt ihre eigene Agenda fest. Ein herausragender Beitrag war die Entwicklung und Ausarbeitung des Konzepts Industrie 4.0. Die meisten ihrer Projekte behandeln technologiepolitische Themen, wie z. B. das Potenzial für die Entwicklung geschlossener Kreisläufe für Kunststoffverpackungen, CO₂-Bepreisung und Resilienz als wirtschafts- und innovationspolitisches Gestaltungsziel.

- Die 1652 als Gelehrtenengesellschaft gegründete **Leopoldina** hat derzeit rd. 1 600 Mitglieder aus nahezu allen Wissenschaftsbereichen, aber keine eigenen Forschungsstätten. 2008 wurde sie von der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) zur Nationalen Akademie der Wissenschaften Deutschlands ernannt. Die Leopoldina hat die Aufgabe, deutsche Wissenschaftler*innen in der internationalen Gemeinschaft zu vertreten sowie Politik und Öffentlichkeit wissenschaftsbasiert zu beraten. Sie wird vom BMBF (80 %) sowie vom Bundesland Sachsen-Anhalt (20 %) finanziert, und gibt zahlreiche Stellungnahmen und Publikationen zu Wissenschaft und Wissenschaftspolitik heraus.
- Der **Wissenschaftsrat** berät die Bundesregierung und die Regierungen der Länder. Er setzt sich aus Vertreter*innen des Bundes und der Länder sowie aus renommierten Wissenschaftler*innen zusammen. Seine Beratung erstreckt sich sowohl auf allgemeine wissenschaftspolitische Themen als auch auf spezifische Fragen, die oft von seinen Mitgliedern aufgebracht werden. Der Wissenschaftsrat wird häufig mit anspruchsvollen Evaluationen auf Bundesebene betraut. Insgesamt bringt er sich eher durch „weiche Koordination“ als spezifische Anweisungen ein.
- In der **GWK** sind das BMBF und das BMF sowie die entsprechenden Ministerien der Länder vertreten. Die GWK verwaltet die gemeinsame Förderung von Hochschulen und außeruniversitären Wissenschaftseinrichtungen, darunter die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), acatech, Leopoldina, das Deutsche Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) und das Wissenschaftskolleg zu Berlin.
- Der 2009 ins Leben gerufene **Innovationsdialog** ist eine regelmäßige hochrangige Diskussionsrunde zwischen der Bundesregierung (Bundeskanzler*in, Chef*in des Bundeskanzleramtes, Bundesminister*in für Bildung und Forschung, Bundeswirtschaftsminister*in und Bundesfinanzminister*in) und Vertreter*innen aus Wissenschaft und Wirtschaft. Den Vorsitz des Steuerkreises, der eigentlichen Dialogrunde, hat der*die Vorsitzende des acatech Kuratoriums inne. Die Diskussionen decken ein breites Spektrum innovationspolitischer Themen ab, darunter Innovationsökosysteme, Resilienz von Lieferketten, europäischer Green Deal, Quantentechnologien, Wasserstoff sowie Stärken und Schwächen des deutschen Innovationssystems im internationalen Vergleich. In der Legislaturperiode 2017–2021 fanden sechs solcher Innovationsdialoge statt.
- Die 2006 vom BMBF eingerichtete **EFI** ist ein Gremium von bis zu sechs Professor*innen, das wissenschaftliche Politikberatung für die Bundesregierung leistet und jährlich ein Gutachten vorlegt. Ihre Mitglieder sind Expert*innen für Wissenschafts- und Innovationspolitik, die sich bei der Erstellung ihrer Berichte umfassend mit Akteuren der Wissenschafts- und Innovationspolitik in Deutschland austauschen. Die Expertenkommission ist das Organ, das dem in Abbildung 14.2 genannten Politikbeirat am nächsten kommt. Sie hat jedoch eine rein beratende Funktion.
- Das **Hightech-Forum** wurde 2015 und 2019 eingesetzt, um die Bundesregierung bei der Umsetzung der HTS und der Nachfolgestrategie HTS 2025 zu beraten. Darüber hinaus veröffentlichte es Impulspapiere zu verschiedenen Aspekten der F&I-Politik. In seinem letzten Beratungsauftrag, der mit der Legislaturperiode 2021 endete, umfasste das Hightech-Forum 21 Expert*innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Den Vorsitz teilten sich ein Staatssekretär des BMBF und der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft. Das Hightech-Forum ist ein weiteres Organ, das Ähnlichkeiten mit dem in Kasten 14.1 erwähnten Politikbeirat aufweist.
- Der **Rat für technologische Souveränität** wurde 2021 gegründet. Das Gremium mit 11 Vertreter*innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft hat die Aufgabe, das BMBF in Fragen der Stärkung der technologischen Souveränität Deutschlands und der Europäischen Union auf zentralen Technologiefeldern zu beraten.

Projekträger und andere nachgeordnete Einrichtungen

Wie in anderen Ländern gibt es auch in Deutschland mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eine Form von Forschungsförderungsrat bzw. nationaler Forschungsstiftung. Die DFG wird zwar vom BMBF mitgetragen, sie ist aber ein privatrechtlicher Verein zur Forschungsförderung ihrer Mitglieder (Hochschulen und Forschungseinrichtungen). Sie fungiert als Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft in Deutschland, obwohl sie ihre Mittel überwiegend vom Bund und in geringerem Umfang von den Ländern erhält. Wie andere Forschungsräte wird sie von Mitgliedern der Forschungsgemeinschaft geleitet und verwaltet, und die Förderung folgt in erster Linie dem Bottom-up-Prinzip. Die DFG genießt international hohes Ansehen und hat als Vorbild für die Gründung der National Natural Science Foundation of China gedient.

In den meisten europäischen Ländern werden die anderen F&I-Förderprogramme von staatlichen Stellen verwaltet. In Deutschland wird die F&I-Förderung auf Bundes- und Länderebene seit Langem im Rahmen von wettbewerblichen Verfahren anhand von Verträgen mit fünfjähriger Laufzeit an Projekträger vergeben. Derzeit gibt es 19 solcher Projekträger (Förderberatung des Bundes, o. J.^[6]). Sie sind zumeist bei Organisationen angesiedelt, die technologische Infrastrukturen betreiben und technische oder projektbezogene Leistungen erbringen. Zu den wichtigsten zählen:

- A. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- B. Forschungszentrum Jülich, ein sehr großes wissenschaftliches Forschungszentrum (mit 6 400 Beschäftigten) innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft
- C. Karlsruher Institut für Technologie
- D. VDI Technologiezentrum, Dienstleister im Bereich Programmmanagement und Technologieberatung
- E. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, führendes Dienstleistungsunternehmen bei Fragen rund um Innovationen und Technik

14.2. Kohärenz und Agendasetzung für WTI

Interministerielle und sektorenübergreifende Koordinierung ist bereits in einem Kontext ohne Transformationen schwierig. Sie wird jedoch umso schwieriger, wenn Transformationsziele für zusätzliche Komplexität sorgen. Wie oben ausgeführt, behindern Überschneidungen, mangelnde Koordination und Abstimmung und teils sogar gegenläufige Politikmaßnahmen (verschiedener Sektoren, Ministerien und Regierungsebenen) die Fähigkeit Deutschlands, seine Transformationsziele zu erreichen. Ein Beispiel ist die Schnittstelle zwischen WTI-Politik und Klimapolitik: Deutschland kann sowohl ein starkes F&I-System als auch ein langjähriges Engagement für nachhaltige Energieerzeugung und -nutzung (was insbesondere die Energiewende zeigt), Umweltschutz und den Erhalt der biologischen Vielfalt vorweisen (Walz et al., 2019^[7]). Die Politikbereiche könnten jedoch besser aufeinander abgestimmt werden, damit sich die Politikmaßnahmen in beiden Bereichen gegenseitig verstärken und die gewünschte Wirkung erzielen.³

Die Autoren der Analyse *Ökologische Innovationspolitik in Deutschland*, die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) in Auftrag gegeben wurde, stellten folgende Schwächen fest: zu geringe Fokussierung auf Transformationen (außer im Energiebereich), voneinander losgelöste institutionelle und soziale Innovationsperspektiven und -maßnahmen, wenig (oder keine) Unterstützung „grüner“ Start-ups und unzureichende Berücksichtigung von Innovationen (Walz et al., 2019^[7]). In der Analyse wurde auch auf erhebliches ungenutztes Potenzial für den Einsatz der Digitalisierung als Treiber für Umweltschutz und Öko-Innovationen hingewiesen. Der Bericht forderte eine stärkere Integration der Innovationsdynamik und -perspektiven in die Umweltpolitik sowie ein „Greening des Innovationssystems“. Obwohl Deutschland in der Produktion mehrerer Umwelttechnologien führend ist, muss die Bundesregierung darüber hinaus die Nachfrage nach umweltfreundlichen Inno-

tionen und Lösungen ankurbeln, insbesondere bei der Abfallentsorgung, Lärminderung und Luftreinhaltung. Die heterogenen Anwendungen der einzelnen Öko-Innovationsbereiche, wie der Bioökonomie, und ihre potenzielle Relevanz für eine Vielzahl von Sektoren machen es schwierig, wirksame nachfrage-seitige Instrumente zu konzipieren oder die Schaffung von Märkten zu fördern (Edler et al., 2021^[8]).

Das Beispiel ökologische Nachhaltigkeit und Innovation veranschaulicht, wie seit Langem bestehende Koordinierungsprobleme einen größeren Beitrag von WTI zu den Transformationszielen erschweren. Es ist beträchtliches Potenzial vorhanden, um nicht nur innovationspolitische Elemente in der Klima- und Umweltpolitik zu stärken, sondern auch den Aspekt der ökologischen Nachhaltigkeit – und ganz allgemein die transformative Perspektive – in der Innovationspolitik zu fördern. Die Analyse der Wechselwirkungen zwischen Innovations- und Umweltpolitik zeigt, dass die gemeinsame Agendasetzung und die Politikkohärenz verbessert werden müssen (Rogge und Kristin, 2016^[9]; Edler et al., 2021^[8]).

Die Schwierigkeiten, eine bessere Verzahnung zwischen ökologischer Nachhaltigkeit und Innovationspolitik zu erreichen, deuten auf die Koordinierungsprobleme hin, die sich bei systemischeren Ansätzen in der Politik im Allgemeinen und der WTI-Politik im Besonderen stellen. Es besteht erheblicher Spielraum für eine stärkere Unterstützung der notwendigen Transformationen durch die Innovationspolitik, indem die Schnittstelle zwischen Innovationspolitik und anderen relevanten Bereichen, darunter Klima-, Umwelt-, Sozial- und Gesundheitspolitik, verbessert wird. In Anlehnung an die Ergebnisse des BMUV-Berichts stellte das Hightech-Forum im März 2020 die Forderung, Nachhaltigkeit in all ihren Dimensionen als handlungsleitendes Ziel der F&I-Politik zu berücksichtigen und Hürden für nachhaltige Innovationen zu beseitigen (Boetius et al., 2020^[10]). Der Wunsch nach einer besseren Koordinierung ist demzufolge bei einer Reihe von WTI-Akteuren erkennbar, und weitere Unterstützung durch die Bundesregierung wäre in dieser Hinsicht zu begrüßen.

14.3. Interministerielle Zusammenarbeit bei der WTI-Governance

Erstaunlicherweise gibt es in Deutschland keine zentrale Stelle für die gesamtstaatliche Koordinierung der F&I-Politik. Einige Staaten haben etwa einen Rat, einen Ausschuss oder ein „Politikforum“, d. h. eine Plattform, an der führende Politiker*innen und Stakeholder*innen der maßgeblichen Ministerien beteiligt sind (OECD, 2009^[1]; Schwaag-Serger, Wise und Arnold, 2015^[2]). Dadurch können Politikmaßnahmen mit systemischer Tragweite breit diskutiert werden. Andere Staaten verfügen möglicherweise über ein einheitliches Monitoring- und Kontrollsystem für die F&I-Politik, wie z. B. ein Observatorium, aber keine allein-zuständige Institution, um die Debatte und die Priorisierung in der F&I-Politik zu steuern. In Deutschland erfolgt die Politikgestaltung auf der Ebene der Regierung selbst. Daher wird sie z. T. durch die Zusammensetzung der jeweiligen Regierungskoalition und die Verteilung der Ministerien auf die einzelnen Koalitionsparteien geprägt. Initiativen, an denen mehrere Ministerien beteiligt sind, werden durch Staatssekretärsausschüsse gesteuert. Es gibt aber keine zentrale Stelle mit alleiniger Zuständigkeit für die systemische Koordinierung aller Teilbereiche des nationalen F&I-Systems.

Ministerien konkurrieren in allen Regierungssystemen um Budgets, Politikprioritäten und Aufmerksamkeit. Folglich ist eine Politikkoordination und -kooperation auf Ministeriumsebene weniger effektiv als die Koordination auf einer höheren, ressortübergreifenden Ebene. In Deutschland ist dieses Phänomen aber wegen des im Grundgesetz verankerten Ressortprinzips besonders stark ausgeprägt. Auch die in Deutschland üblichen Koalitionsregierungen tragen dazu bei, da die Verteilung der Ministerien auf verschiedene Koalitionsparteien weniger Anreize für die Zusammenarbeit zwischen den Ministerien bietet.

Ein für die WTI-Politik maßgebliches Beispiel für diese Fragmentierung ist die seit Langem bestehende Arbeitsteilung zwischen dem BMBF und dem BMWK, wonach das BMBF für FEI und das BMWK für Innovation und Implementierung zuständig ist. Dennoch müssen diese Ministerien eng zusammenarbeiten, um Wissenschaft, Technologie und Innovation auf gesellschaftliche Bedürfnisse, Nutzer*innen und neue Märkte abzustimmen. Dies zeigt die wachsende Zahl von Strategien und Politikmaßnahmen, bei denen die beiden Ministerien in der Praxis kooperieren.

Einzelne Ministerien setzen erfolgreich Strategien innerhalb ihres eigenen Zuständigkeitsbereichs um. Beispiele sind etwa der Innovationspakt, die Exzellenzinitiative und die Bioökonomiestrategie (alle unter Federführung des BMBF), die in Kapitel 5 erörtert werden. Die Energiewende erhielt 2014 neuen Schwung, als das damalige BMWi die Zuständigkeit übernahm und die Abhängigkeit von freiwilliger interministerieller Kooperation verringert wurde. Obwohl die Ministerien innerhalb ihrer traditionellen Silos erfolgreich arbeiten, sind mangels Systemperspektive oder Priorisierung auf Systemebene keine kohärenten strategischen Entscheidungen möglich, die sich zu einer nationalen WTI-Politik aus einem Guss zusammenfügen. Stattdessen werden viele unabgestimmte Ad-hoc-Entscheidungen in unterschiedlichen Bereichen des Governance-Systems getroffen.

Immer häufiger kooperieren die Ministerien jedoch in gewissem Umfang bei der Konzeption und Implementierung von nationalen Strategien wie der F&I-Strategie und der Nationalen Wasserstoffstrategie. Diese flexible und pragmatische Nutzung der bestehenden Silos einzelner Ministerien ermöglicht es, durch die etablierten Strukturen neue Herausforderungen zu adressieren. Allerdings handelt es sich dabei faktisch nicht um eine kollaborative Zusammenarbeit der Ministerien, sondern um eine Arbeitsteilung, bei der jedes der Ministerien einen Teil seines eigenen Budgets nutzt, um seine eigenen Programme umzusetzen. Eine gemeinsame Steuerung findet nur auf der obersten Ebene statt. Folglich sind die Synergien gering. Diese Fragmentierung hemmt Reflexivität und Politiklernen, wie die gegenwärtige Evaluierungspraxis zeigt. Die einzelnen Ministerien evaluieren jeweils ihre eigenen Programme gemäß der starken Evaluierungstradition in Deutschland. Die Gesamtstrategie aber wird kaum oder überhaupt nicht evaluiert. Eine umfassende Evaluierung der HTS beispielsweise wurde erst mehr als zwölf Jahre nach ihrer Einführung begonnen.

Als gesamtstaatliche Plattform könnte das in Empfehlung 1 beschriebene Forum die Lösung von Koordinierungsproblemen vorantreiben und die interministerielle Zusammenarbeit fördern.

14.4. Direktionalität, Missionsorientierung und ergebnisorientierte WTI-Governance

Auf der internationalen Ebene ist in der WTI-Politik ein wachsender Trend zur Direktionalität, d. h. zur Ausrichtung auf bestimmte gesellschaftliche Herausforderungen, zu beobachten. Missionen und Transformationsprozesse verschärfen die bestehenden Koordinierungsprobleme, da sie eine noch stärkere Einbeziehung von Akteuren außerhalb der F&I-Community erfordern – sowohl bei der Bestimmung der zu bewältigenden Herausforderungen als auch bei der Umsetzung von Veränderungen. Dies ist keine einfache Aufgabe, weil die Meinungen der einzelnen Akteure von ihren eigenen Interessen und Standpunkten geleitet werden und entsprechend weit auseinanderliegen können. Noch schwieriger ist es, eine faire Berücksichtigung der verschiedenen Perspektiven sicherzustellen, da sich einige Akteure besser Gehör verschaffen können und mehr Ressourcen zur Verfügung haben als andere. Gesellschaftliche Herausforderungen weiten das Betätigungsfeld der F&I-Politik von den beiden traditionellen Säulen auf wesentlich breitere Bereiche der Gesellschaft aus. Weltweit wird mit verschiedenen Governance-Modellen für diese Politik experimentiert. In einigen Ländern liegt die Zuständigkeit bei einem einzigen Ministerium, in anderen werden ressortübergreifende Plattformen geschaffen, in wieder anderen gibt es externe Plattformen, die an eine zentrale Regierungsstelle berichten, oder es werden behördenübergreifende Plattformen oder Programme eingerichtet. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen jedoch noch nicht genug Erfahrungswerte vor, um Best Practices (oder auch nur „Good Practices“) zu definieren. Außerdem muss für die einzelnen Programme bzw. Missionen, mit denen einer gesellschaftlichen Herausforderung begegnet wird, jeweils ein eigenes Gremium eingerichtet werden, das eine umfassendere Stakeholder-Konsultation und -Beteiligung als bei gewöhnlichen F&I-politischen Angelegenheiten ermöglicht.

Die wachsende Anzahl von nationalen Strategien mit einer WTI-Komponente lässt auf ein zunehmendes Verständnis in der Bundesregierung schließen, dass zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen auf verschiedenen Ebenen ein missionsorientierterer Ansatz erforderlich ist. Dies erfordert nicht nur

eine stärkere horizontale Koordinierung innerhalb und zwischen den Ministerien und anderen staatlichen Akteuren, sondern auch die Bereitschaft zur Zusammenarbeit innerhalb des Staates. Er muss Innovationsaktivitäten in gesellschaftlich verabredete Richtungen lenken, die privatwirtschaftliche Akteure nicht von sich aus einschlagen. Die EFI schlägt daher zurecht „eine marktorientierte Version der Neuen Missionsorientierung vor, die sich durch eine Offenheit gegenüber Problemlösungen und durch katalytische Markteingriffe auszeichnet“ (EFI, 2021^[11]). Der EFI zufolge könnte sich der stark sektorfokussierte Ansatz der deutschen WTI-Politik als Hindernis für die Missionsorientierung erweisen. Möglicherweise muss dieser Ansatz überarbeitet werden, um diese Hindernisse abzubauen.

Direktionalität steht auch im Widerspruch zum Primat der Technologieneutralität, das in der Ordnungspolitik verankert ist und in der Vergangenheit vom damaligen BMWi besonders betont wurde, obwohl viele seiner erfolgreichen Interventionen stark thematischer Natur waren. Dies gilt beispielsweise für Programme, mit denen die Verbreitung von neuen Technologien und Schlüsseltechnologien und der Aufbau entsprechender Kapazitäten in der Wirtschaft gefördert wurden bzw. werden, von Mikroelektronik und computergestütztem Design/computergestützter Fertigung in den 1980er Jahren bis hin zu Digitalisierung und künstlicher Intelligenz (KI) in jüngerer Zeit. Die Industriestrategie von 2019 enthielt eine Liste maßgeblicher innovativer Industriebranchen, die es im Interesse der Wettbewerbsfähigkeit und der technologischen Souveränität Europas zu schützen gilt (BMWi, 2019^[12]). Strategien für den Klimaschutz, die auch Garantien für den Erhalt der Wirtschaftskraft umfassten (BMWi, 2020^[13]), konzentrierten sich ebenfalls auf spezifische Technologien, wie z. B. Wasserstoff (BMWi, 2020^[14]). Wesentliche Politikinterventionen des BMBF, z. B. im Bereich der Quantentechnologie, sind gleichermaßen thematisch ausgerichtet. Zugleich wurde aber durch die Einführung der steuerlichen Forschungsförderung 2019 die Bedeutung technologie-neutraler innovationspolitischer Instrumente im Gesamtkontext der Innovationspolitik gestärkt.

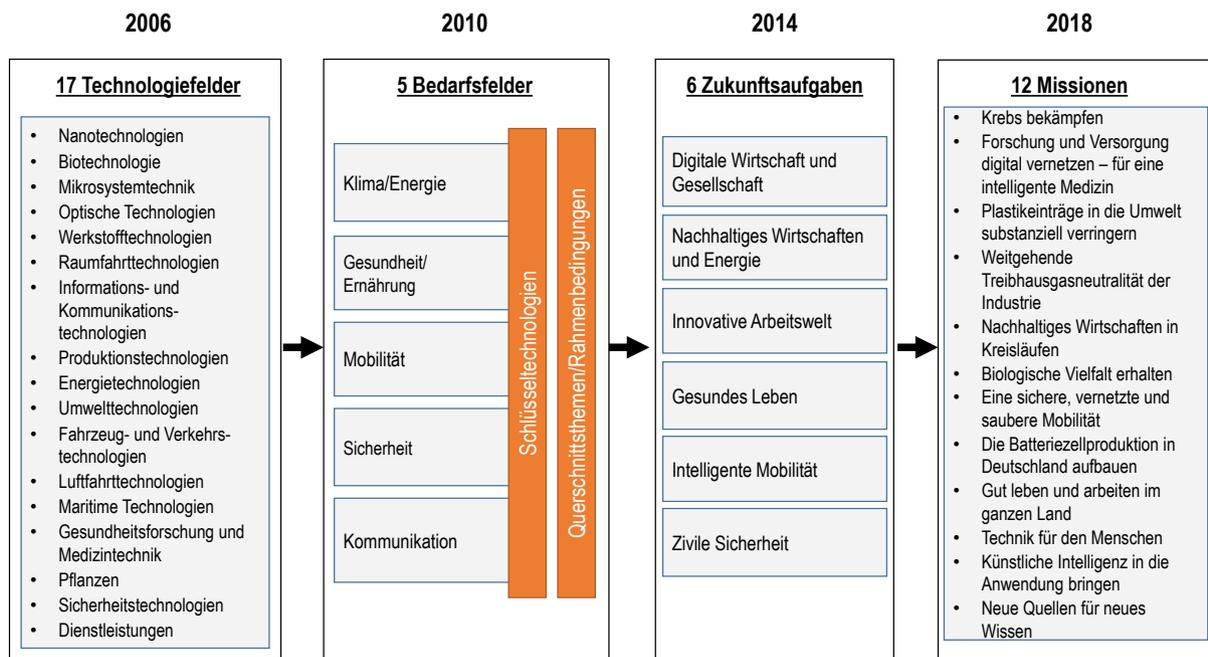
Auch die Risikoaversion des staatlichen Systems gefährdet die Missionsorientierung, denn Missionsorientierung erfordert oft Experimentieren, Reflexivität und Zielanpassungen während der Laufzeit einer Politikintervention. Die nationalen Strategien in Bereichen wie KI, Wasserstoff oder Bioökonomie sind vorwiegend angebots- oder technologieorientiert. Missionen, die Transformationserfordernisse adressieren, sollten aber auch eng an den gesellschaftlichen Bedürfnissen und der Nachfrageseite ausgerichtet sein. Dadurch steigt die Zahl der beteiligten Akteure und Stakeholder, deren Handlungen die Form der erforderlichen Politikinterventionen beeinflussen. Zudem müssen die Interventionen problemlösungsorientiert sein, d. h. nicht nur auf eine angebotsorientierte technologische Entwicklung abzielen, sondern auch auf Prozesse, um die Ergebnisse dieser Entwicklung zur Lösung von Problemen einsetzen zu können. Bei der missionsorientierten Politik gilt es zu unterscheiden zwischen „schwacher Direktionalität“ (z. B. „Dekarbonisierung“ von „Wasserstoff“), bei der allgemeine Leitplanken für die Suche nach Lösungen aufgestellt werden, und „starker Direktionalität“ (z. B. Angleichung bestimmter technischer Standards oder Entwicklung dominanter Designs), die Märkte schafft oder einbezieht. Die Missionen der HTS 2025 könnten dabei als potenzielle Experimentierräume dienen, um die Rolle der Regierung bei der Überführung der Ergebnisse von Missionen an die Märkte zu erproben. Das WTI-Politiksystem als Ganzes wird jedoch das Spannungsverhältnis zwischen der Direktionalität und dem technologie-neutralen Ansatz der Politikgestaltung adressieren müssen (EFI, 2021^[11]).

Das bekannteste Beispiel missionsorientierter WTI-Politik in Deutschland ist die F&I-Strategie. Sie wurde seit ihrer Einführung 2006 erheblich weiterentwickelt. Die ursprünglichen technologiefokussierten Innovationsziele wurden zunehmend von einer Ausrichtung der Technologien auf messbare sozioökonomische Ergebnisse abgelöst (Abbildung 14.3). In ihrer jetzigen Form ist die F&I-Strategie eine der deutlichsten Ausprägungen der Missionsorientierung in der deutschen WTI-Politik (vgl. Kapitel 5).

Die überarbeitete Fassung der HTS von 2014 enthielt Missionen in Form der folgenden „prioritären Zukunftsaufgaben“: „Digitale Wirtschaft und Gesellschaft“, „Nachhaltiges Wirtschaften und Energie“, „Innovative Arbeitswelt“, „Gesundes Leben“, „Intelligente Mobilität“ und „Zivile Sicherheit“ (BMBF, 2014^[15]). Jede dieser prioritären Zukunftsaufgaben umfasste verschiedene Aktionsfelder oder Schwerpunkte. Neu an dieser Fassung der HTS war auch „Transparenz und Partizipation“ als eines von fünf Kernelementen

der Innovationspolitik, neben „Prioritäre Zukunftsaufgaben für Wertschöpfung und Lebensqualität“, „Vernetzung und Transfer“, „Innovationsdynamik in der Wirtschaft“ und „Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen“ (BMBF, 2014_[15]). Transparenz und Partizipation bezieht sich darauf, dass alle beteiligten Akteure, insbesondere die Bürger*innen, in die Gestaltung von Innovationsprozessen und Innovationspolitik einbezogen werden sollen. Interessant ist, dass Schlüsseltechnologien hier eine weniger zentrale Rolle spielen als in den vorherigen Fassungen der HTS. Angesprochen werden sie lediglich in einem Unterabschnitt mit dem Titel „Potenziale der Schlüsseltechnologien für die Wirtschaft nutzen“. Während der Umsetzungsphase dieser Fassung der F&I-Strategie gewannen Politikplattformen für die Industrie (z. B. Industrie 4.0), aber auch in den Bereichen Bioökonomie, Zukunft der Mobilität und Zukunftsstadt an Dynamik und Sichtbarkeit.

Abbildung 14.3. Evolution der deutschen Forschungs- und Innovationsstrategie: Von der Technologie- hin zur Missionsorientierung



Quelle: Basierend auf BMBF-Informationen zu den jeweiligen Strategien (BMBF, 2014_[15]; BMBF, 2018_[16]).

Die neueste Fassung der F&I-Strategie – die 2018 verabschiedete HTS 2025 – geht bei der Missionsorientierung einen Schritt weiter und benennt 12 Missionen in 3 Handlungsfeldern (vgl. Abbildung 14.3). Zugleich spielen Schlüsseltechnologien wieder eine herausragendere Rolle, auf die konkret unter „Wir entwickeln Deutschlands Zukunftskompetenzen“ eingegangen wird (BMBF, 2018_[16]). Darüber hinaus will die HTS 2025 eine „offene Innovations- und Wagniskultur“ etablieren und den Unternehmergeist stärken.

Deutschland entwickelt zwar weiter missionsorientierte Politikansätze, eine verlässliche Bewertung ihrer Wirksamkeit ist jedoch nach wie vor schwierig. Dies hat verschiedene Gründe:

- Erstens sind die Missionen in unterschiedlicher Granularität definiert und erfüllen daher nicht alle Kriterien für eine missionsorientierte Politik (Mazzucato, 2018_[17]). Beispielsweise wurden nur für einige der Missionen (wie etwa die Mission zur Kreislaufwirtschaft) zielgenaue, messbare und zeitgebundene Zielsetzungen festgelegt.

- Zweitens sind nicht alle Missionen transformativ; einige dienen dazu, die Wissensgenerierung oder Markteinführung zu beschleunigen und stellen somit eine Fortsetzung der klassischen missionsorientierten Ansätze dar. Dieser Ansatz ist zwar für einige der genannten Herausforderungen angemessen, bei einigen Missionen könnte jedoch das Transformationspotenzial noch besser ausgeschöpft werden (beispielsweise könnte die Mission der Krebsbekämpfung um die Förderung einer gesünderen Lebensweise erweitert werden).
- Drittens stehen beim Missionsansatz der HTS 2025 WTI-Aktivitäten im Mittelpunkt. Einige dieser WTI-getriebenen Missionen berücksichtigen, dass breitere gesellschaftliche Entwicklungen (wie z. B. Verhaltensänderungen) notwendig sind, um eine transformative Wirkung zu erzielen, oder dass die WTI-Politik mit anderen Politikfeldern verknüpft werden sollte. Obwohl solche Verknüpfungen geplant sind, wurden sie noch nicht alle verwirklicht. Die bestehenden Verknüpfungen mit der Umwelt-, Energie- und Klimapolitik wurden bereits früher im Zuge der Energiewende und Nachhaltigkeitspolitik geschaffen. Die Missionen der HTS 2025 jedoch sehen in der Regel keine ressortübergreifende Koordinierung auf Kabinettsebene vor und können daher nicht als Querschnittsmissionen der Regierung betrachtet werden.
- Viertens sollte darüber nachgedacht werden, wie Hochschulen und Forschungsinstitute besser für Missionen genutzt werden können, insbesondere in Anbetracht ihrer erheblichen institutionellen Autonomie. So könnten etwa jene Teile der Forschungslandschaft eingesetzt werden, die mit höheren Technologie-Reifegraden arbeiten, damit der Transfer von vielversprechender Forschung an den Markt beschleunigt wird.

14.5. Der Föderalismus und seine Auswirkungen auf die WTI-Governance

Aufgrund der föderalen Staatsstruktur ist in Deutschland die Governance komplexer als in vielen anderen Staaten. Dies stellt insbesondere im Bereich der Forschung und Innovation eine Herausforderung dar. Mit dem Grundgesetz sollte nach dem Zweiten Weltkrieg eine Machtkonzentration auf der Ebene des Zentralstaats verhindert werden. Dementsprechend behandelt das Grundgesetz die Bundesländer nicht als Regionen oder Provinzen des Nationalstaats. Vielmehr besagt es, dass staatliche Befugnisse und Aufgaben grundsätzlich Sache der Länder sind, überträgt jedoch bestimmte Aufgaben an den Bund, darunter die Landesverteidigung, Auswärtige Angelegenheiten, Staatsangehörigkeit, Gesundheitsversorgung und Fiskalpolitik (einschließlich der Erhebung von bundesgesetzlich geregelten Steuern, von denen ein großer Teil den Ländern zufließt).

Ihrer wichtigen Stellung entsprechend wirken die Bundesländer über den Bundesrat als zweite Kammer an der Gesetzgebung und Verwaltung des Bundes mit. Der Bundesrat setzt sich aus Vertreter*innen der Landesregierungen zusammen, deren Zahl von der Einwohnerzahl des betreffenden Bundeslandes abhängt. Die Abgeordneten des Deutschen Bundestags werden in einer Kombination von Mehrheits- und Verhältniswahlrecht gewählt, was in der Regel zu Koalitionsregierungen führt. Die*der Bundeskanzler*in wird vom Bundestag auf Vorschlag der*des Bundespräsident*in gewählt und anschließend von der*dem Bundespräsident*in ernannt.

Die Tatsache, dass die WTI-Politik sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene verantwortet wird, bringt Koordinierungskosten mit sich. Es existiert jedoch eine klare und systematische Aufteilung der Finanzierungsverpflichtungen zwischen den beiden Ebenen. Zudem werden die Politikmaßnahmen aktiv durch die GWK koordiniert. Die starke regionale Autonomie fördert die Vielfalt von Politikmaßnahmen und -ansätzen und bietet Gelegenheit zum Experimentieren. Die einzelnen Bundesländer können beispielsweise die thematische Spezialisierung von Forschungseinrichtungen auf die jeweiligen regionalen Bedürfnisse abstimmen. Zugleich sorgen aber nationale und europäische Programme dafür, dass die ungleiche Finanzausstattung der Bundesländer bei der Entwicklung regionaler Politikmaßnahmen in gewisser Weise

ausgeglichen wird. Zudem dürfte die intelligente Spezialisierung, die für die regionalen Innovationsstrategien vorgeschrieben ist, ihre Qualität und Spezifität steigern. Obwohl die Finanzkraft und die Verwaltungskapazitäten für die Entwicklung und Implementierung der Innovationspolitik von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich sind, gewährleisten die EU-Strukturfonds, dass alle Länder eine regionale Innovationspolitik betreiben können. Auf Bundesebene fördern Programme wie „Innovation & Strukturwandel“ die Entwicklung regionaler Innovationsökosysteme (vgl. Kapitel 16 wegen einer Erörterung der Teilhabe der Regionen).

Die Nachteile, die das föderale System für die WTI-Politik mit sich bringt, betreffen zumeist auch andere Bereiche. Möglicherweise könnten also bestimmte Aspekte der Aufgabenverteilung zwischen Bund und Ländern überdacht werden. Beispielsweise könnte die Ko-Existenz von Datenschutzbehörden auf Bundes- und Länderebene zu 17 unterschiedlichen Auslegungen der 353 Seiten starken Datenschutz-Grundverordnung führen, was die Innovationstätigkeit hemmt und den nationalen Binnenmarkt beeinträchtigt. Eine weitere Auswirkung des föderalen Systems ist die Fragmentierung der Beschaffung in Bereichen, für die die Länder zuständig sind, wie z. B. die Beschaffung medizinischer Ausrüstung. Dies ist bereits seit Langem ein Innovationshemmnis, gewinnt aber durch die Schwerpunktverlagerung der WTI-Politik von der Angebots- auf Nachfrageseite weiter an Bedeutung. Auch eine Harmonisierung von Standards und Verfahrensweisen wird nicht nur Effizienzgewinne bewirken, sondern auch die Innovationstätigkeit fördern.

Die Dezentralisierung der WTI-Governance in Deutschland ist insofern von Vorteil, als sie die Erprobung verschiedener Politikansätze und ihre Anpassung an lokale Gegebenheiten ermöglicht. Ansätze wie intelligente Spezialisierung und die Förderung von Innovationspionieren können den zuständigen Stellen auf Länderebene helfen, ihre Politikinterventionen auf nationalen Strategien aufzubauen, sie aber an lokale Gegebenheiten und Bedürfnisse anzupassen. Dank der Flexibilität, die mit der Länderautonomie einhergeht, können Ansätze wie z. B. Reallabore auf regionaler Ebene auf die jeweiligen wirtschaftlichen und technologischen Erfordernisse und Kapazitäten abgestimmt werden. Die Governance-Herausforderung besteht darin, die Erfahrungen aus diesen lokalspezifisch angepassten Ansätzen bestmöglich zu nutzen, um nationale Zielsetzungen zu erreichen. Das in Empfehlung 1 vorgeschlagene Forum könnte einen ganzheitlicheren Ansatz bei der Berücksichtigung von Erfahrungen und Best Practices aus regionalen WTI-Ansätzen fördern und deren Verbreitung unterstützen, um zu einer systemischeren Innovationsförderung beizutragen.

14.6. Führungsrolle der deutschen WTI-Governance auf EU- und internationaler Ebene

Das nationale Innovationssystem der Bundesrepublik wird durch externe Trends beeinflusst. Deutschland ist aber aufgrund seiner wirtschaftlichen Bedeutung und der Stärke seines WTI-Systems zugleich ein Akteur dieser externen Entwicklungen. Jedes nationale Innovationssystem ist Teil des internationalen Innovationssystems und wird durch globale technologische und Marktentwicklungen geprägt. Auch ausländische Direktinvestitionen, internationaler Technologietransfer und internationale Zusammenarbeit sowie Handelsbeziehungen, wie z. B. globale Wertschöpfungsketten, sind entscheidende Einflussfaktoren.

Deutschland ist der größte Mitgliedstaat der EU und seine WTI-Governance ist in den EU-Kontext eingebettet. Es zählt zu den wesentlichen Akteuren im EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (FRP) sowie den Förderprogrammen Europäische Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie (COST) und Eurostars. Auch an der multilateralen europäischen FuE-Initiative EUREKA und kooperativen Forschungsinfrastrukturen, wie der Europäischen Organisation für Kernforschung, dem Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie und der Europäischen Spallationsquelle, ist Deutschland maßgeblich beteiligt. 2014 veröffentlichte es als erstes Land eine Strategie für die Teilnahme am Europäischen Forschungsraum mit 40 konkreten nationalen Maßnahmen. Deutschland ist ein wichtiger Akteur der

Europa-2020-Strategie und des Europäischen Semesters, mit denen Aspekte der Wirtschaftspolitik der EU koordiniert werden. Darüber hinaus weist Deutschland sowohl die größte Zahl an Beteiligungen als auch den höchsten Anteil an EU-Fördermitteln im Rahmen von Horizont 2020 auf. Wegen des wettbewerblichen Charakters des Forschungsrahmenprogramms erhalten die forschungsstärksten nationalen FuE-Akteure meist auch den größten Anteil an FRP-Mitteln. Deutschlands hoher Anteil lässt darauf schließen, dass zwischen den FuE-Schwerpunkten auf nationaler und auf EU-Ebene erhebliche Übereinstimmung besteht. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, die Fraunhofer-Gesellschaft und die Max-Planck-Gesellschaft zählen in der Regel zu den größten Nutznießern von Mitteln aus dem Rahmenprogramm. Die Fraunhofer-Gesellschaft verfügt im Allgemeinen über das größte Kollaborationsnetzwerk innerhalb des Programms und vernetzt somit die deutsche Forschung mit mehr FuE-Akteuren aus anderen EU-Ländern als jede andere Forschungseinrichtung.

Deutschland hat die Möglichkeit, eine einflussreiche Rolle bei zukünftigen Transformationsprozessen auf EU-Ebene zu spielen; zugleich ist die Europäische Union ausschlaggebend für den zukünftigen Erfolg des deutschen Innovationssystems. Einige der technologischen Kompetenzen, die notwendig sind, um die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft zu sichern – wie z. B. die Dekarbonisierung der Industrie durch wasserstoffbasierte Energieerzeugung –, erfordern mehr Investitionen, Forschungskapazitäten und Kommerzialisierungsanstrengungen, als einzelne Länder alleine aufbringen können. Deutschland kann eine Führungsrolle bei der Steuerung transnationaler Initiativen übernehmen, die sowohl seiner eigenen Wirtschaft als auch anderen Volkswirtschaften zugutekommen. Da dringend Lösungen für Herausforderungen wie die ökologische Transformation gefunden werden müssen, könnte Deutschlands starke internationale Position genutzt werden, um die Entwicklung und Kommerzialisierung von Innovationen mit globaler Relevanz zu beschleunigen.

Die aktuelle deutsche Debatte über Technologiesouveränität konzentriert sich auf Schlüsseltechnologien, wie z. B. Halbleiter, KI, Kommunikationstechnologien der Zukunft, Cybersicherheit, Quantentechnologien und neue Werkstoffe. Diese profitierten von EU-weiten Innovationsanstrengungen, die mit dem EU-Rahmenprogramm von 1985 angestoßen wurden. Eine zentrale Frage für die deutsche Politik besteht darin, ob Deutschland die Entwicklung und den Kapazitätsaufbau in diesen Schlüsseltechnologien auf nationaler oder auf europäischer Ebene verfolgen sollte. Angesichts des globalen Charakters dieser Technologien ist erfahrungsgemäß ein europäischer Ansatz geboten. Da der Erfolg auf der nationalen und der europäischen Ebene aber eng miteinander verknüpft sind, hängt Deutschlands Leistungsfähigkeit auf EU-Ebene maßgeblich von seinen nationalen Stärken ab. Diese beiden Ebenen schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern ergänzen einander. Deutschland hat sich bereits früher an Initiativen auf EU-Ebene beteiligt, die auf eine Stärkung der europäischen Souveränität abzielten. Die konkrete Ausgestaltung des Forschungsrahmenprogramms orientiert sich seit seiner Einführung 1985 am Subsidiaritätsprinzip⁴. Demnach fördert das Rahmenprogramm nur Forschungsarbeiten, die sich aufgrund ihres Umfangs besser auf europäischer Ebene als auf nationaler Ebene bewältigen lassen. So halfen beispielsweise das Europäische Strategische Programm für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Informationstechnologie (ESPRIT) und das Programm Forschung und Entwicklung im Bereich der fortgeschrittenen Kommunikationstechnologien für Europa (RACE), europäische Kapazitäten in den von den USA und Japan dominierten Bereichen Halbleiter und Telekommunikationstechnologien zu sichern, um Europas Unabhängigkeit bei der Beschaffung dieser Technologien zu gewährleisten (bei der Förderung der europäischen Computerindustrie war das FRP dagegen weit weniger erfolgreich).

Um die europäische Wirtschaft nach der Covid-19-Pandemie zu stärken, legte die Europäische Kommission kürzlich überarbeitete Regeln für ein weiteres Kooperationsinstrument außerhalb des FRP vor, die sogenannten wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI). Dabei handelt es sich um grenzüberschreitende Gemeinschaftsprojekte der Industrie und mehrerer Mitgliedstaaten, für die die Beihilfevorschriften der EU gelockert wurden. Dadurch können hohe Subventionen für Investitionen in Fertigungs- und andere der Forschung und Entwicklung nachgelagerte Aktivitäten gewährt werden. Zu den bereits gestarteten IPCEI zählen Projekte in Bereichen wie der Batteriewertschöpfungskette, Mikroelektronik,

Wasserstoff, Cloud-Computing und Datenspeicherung sowie Gesundheitstechnologien. Deutschland ist an den laufenden IPCEI maßgeblich beteiligt, da die abgedeckten Bereiche von erheblicher wirtschaftlicher und technologischer Bedeutung für die deutsche Wirtschaft sind. IPCEI sollen die Beschäftigung, das Wachstum und die Wettbewerbsfähigkeit in der Europäischen Union fördern und die strategische Autonomie der EU stärken, indem sie Markt- oder Systemversagen oder gesellschaftliche Herausforderungen adressieren. Ihre Governance ist jedoch auf EU-Ebene nicht genau geregelt und nicht transparent. Die Liberalisierung des Beihilferechts für die IPCEI ermöglicht es den Mitgliedstaaten auch, miteinander in Wettbewerb zu treten, indem sie beispielsweise durch Subventionen Anreize für Unternehmen schaffen, Produktionsstätten auf ihrem Staatsgebiet zu errichten. Öffentlich-Private Partnerschaften (ÖPP) stellen für Deutschland daher entscheidende Möglichkeiten dar, seine WTI- und Industriepolitik auf EU-Ebene auszuweiten⁵ und von den daraus resultierenden Skalenvorteilen und der kollektiven wirtschaftlichen Stärke zu profitieren. Der Beitrag dieser Aktivitäten zur Verwirklichung gesellschaftlicher Zielsetzungen könnte jedoch erhöht werden, z. B. durch die Förderung einer ökologisch nachhaltigeren Entwicklung.

Darüber hinaus können mehrere EU-weite Instrumente dazu beitragen, das deutsche WTI-Ökosystem zu stärken. In den letzten Jahren wurde das Forschungsrahmenprogramm auf ÖPP ausgeweitet. Horizont 2020 umfasst zwei Arten von ÖPP: „Gemeinsame Unternehmen“, an denen die Europäische Kommission, Industrievereinigungen und Unternehmen beteiligt sind, sowie „Gemeinsame Technologieinitiativen“, d. h. industriegetriebene Plattformen zur Umsetzung gemeinsamer FuE-Pläne.⁶ Deutschland wirkt an beiden in erheblichem Umfang mit. Eine Schwierigkeit besteht jedoch darin, eine Form von Governance zu entwickeln, die gewährleistet, dass diese Partnerschaften sowohl im öffentlichen als auch im privatwirtschaftlichen Interesse handeln (Luukkonen, Arnold und Martínez Riera, 2016^[18]).

Neben seiner europäischen Führungsrolle engagiert sich Deutschland als Teil seiner Außenwissenschaftspolitik in zahlreichen bilateralen Kooperationsinitiativen. Es hat sich jedoch verpflichtet, mehr multilaterale Formate zu fördern, z. B. durch die Veranstaltung eines regelmäßigen Treffens der Wissenschafts- und Forschungsminister im Rahmen der G7, das erstmals 2015 in Deutschland stattfand. 2013 richtete Deutschland das Treffen des neu geschaffenen Global Research Council aus (BMBF, 2017^[19]). Deutschland beteiligt sich aktiv an internationalen WTI-Kollaborationsinitiativen und internationalen Organisationen. In der OECD wirkt Deutschland im Ausschuss für Wissenschafts- und Technologiepolitik und den zugehörigen Arbeitsgruppen sowie im Global Science Forum mit. Im Rahmen der Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO) ist vor allem Deutschlands Engagement für das Weltaktionsprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung (2015–2019) hervorzuheben. Darüber hinaus fördert die Bundesrepublik die berufliche Bildung durch das in Deutschland ansässige Internationale Zentrum für Berufsbildung der UNESCO (UNESCO-UNEVOC) und war von 2016 bis 2020 gewähltes Mitglied der Kommission der Vereinten Nationen für Wissenschaft und Technologie im Dienste der Entwicklung.

Literaturverzeichnis

BMBF (2018), *Forschung und Innovation für die Menschen – Die Hightech-Strategie 2025*, [16]
 BMBF, Berlin, https://www.hightech-strategie.de/SharedDocs/Publikationen/de/hightech/pdf/forschung-und-innovation-fuer-die-menschen.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

BMBF (2017), *Internationalisierung von Bildung, Forschung und Wissenschaft – Strategie der Bundesregierung*, BMBF, Berlin, [19]
https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/2/31254_Internationalisierungsstrategie.pdf;jsessionid=9D2C80C76B528B050230202EDE0DD555.live091?__blob=publicationFile&v=3.

- BMBF (2014), *Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland*, BMBF, Berlin, [15]
https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/upload_filestore/pub_hts/hts_broschure_w eb.pdf? blob=publicationFile&v=1.
- BMWi (2020), *Die Nationale Wasserstoffstrategie*, BMWi, Berlin, [14]
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf>.
- BMWi (2020), *Klima schützen & Wirtschaft stärken – Vorschlag für eine Allianz von Gesellschaft, Wirtschaft und Staat für Klimaneutralität und Wohlstand*, BMWi, Berlin, [13]
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klima-schuetzen-wirtschaft-staerken.pdf? blob=publicationFile&v=30>.
- BMWi (2019), *Industriestrategie 2030 – Leitlinien für eine deutsche und europäische Industriepolitik*, BMWi, Berlin, [12]
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industriestrategie-2030.pdf? blob=publicationFile&v=20>.
- Boetius, A. et al. (2020), „Nachhaltigkeit im Innovationssystem“, Impulspapier, Hightech-Forum, Berlin, [10]
<https://www.hightech-forum.de/publication/nachhaltigkeit/>.
- Edler, J. et al. (2021), „Dimensions of systems and transformations: Towards an integrated framework for system transformations“, *Working Paper Sustainability and Innovation*, No. S 03/2021, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, [8]
https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2021/WP-03-2021_Dimensions_of_systems_and_transformations.pdf.
- Edler, J. und S. Kuhlmann (2008), „Coordination within fragmentation: governance in knowledge policy in the German federal system“, *Science and Public Policy*, Vol. 35/4, S. 265–276, <http://dx.doi.org/10.3152/030234208X310329>. [5]
- EFI (2021), *Gutachten 2021 (Kurzfassung)*, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin, [11]
https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/2021/EFI_Kurzfassung_2021.pdf.
- Finnish Government (2021), „Parliamentary RDI Working Group proposes legislative act to increase funding for research and development“, Pressemitteilung, 17. Dezember, [4]
<https://valtioneuvosto.fi/en/-/10616/parliamentary-rdi-working-group-proposes-legislative-act-to-increase-funding-for-research-and-development>.
- Förderberatung des Bundes (o. J.), „Projekträger in der Forschungsförderung“, [6]
https://www.foerderinfo.bund.de/foerderinfo/de/beratung/projekttraeger/projekttraeger_node.html.
- Luukkonen, T., E. Arnold und C. Martínez Riera (2016), *Mutual Learning Exercise: Evaluation of Complex PPP Programmes in STI*, Europäische Kommission, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2777/085212>. [18]
- Mazzucato, M. (2018), „Mission-orientated innovation policies: challenges and opportunities“, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 27/5, S. 803–815, <http://dx.doi.org/10.1093/icc/dty034>. [17]
- OECD (2017), *OECD Reviews of Innovation Policy: Finland*, OECD Publishing, Paris, [3]
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264276369-en>.

- OECD (2009), *Chile's National Innovation Council for Competitiveness: Interim Assessment and Outlook*, OECD, Paris, [1]
http://www.cinccel.cl/documentos/Recursos/CHILE_COUNCIL_FINAL.pdf.
- Rogge, K. und R. Kristin (2016), „Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis“, *Research Policy*, Vol. 45/8, S. 1620–1635, [9]
<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.004>.
- Schwaag-Serger, S., E. Wise und E. Arnold (2015), „National Research & Innovation Councils as an Instrument of Innovation Governance“, *VINNOVA Analysis*, No. VA 2015:7, VINNOVA, Stockholm, [2]
https://www.vinnova.se/contentassets/4da13cc174a448d1a3f0b816c6b74366/va_15_07t.pdf.
- Walz, R. et al. (2019), *Ökologische Innovationspolitik in Deutschland – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, [7]
http://https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-29_texte_01-2019_oekologische-innovationspolitik_v2.pdf.

Anmerkung

¹ Entstanden 1994 durch die Zusammenlegung des früheren Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), das für Grundlagenforschung und akademische Forschung zuständig war, mit dem Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), das sich stärker auf angewandte und industrielle Forschung konzentrierte und die Tradition der Technologieprogramme begründete.

² Von 2005 bis 2013 hieß es Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und danach bis 2021 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).

³ Unter der neuen Bundesregierung liegt die Zuständigkeit für die nationale Klimapolitik seit Dezember 2021 beim BMWK, das (neben dem Bundesministerium für Bildung und Forschung) auch für die WTI-Politik mitverantwortlich ist.

⁴ Dies ist in den sogenannten Riesenhuber-Kriterien (benannt nach dem damaligen deutschen Forschungsminister) verankert, auf denen die Auswahl der spezifischen Programme des FRP beruht. Die Kriterienliste wurde später erweitert, u. a. mit der Gründung des Europäischen Forschungsrats.

⁵ Eine weitere Chance bietet das deutsch-französische Projekt GAIA-X zur Errichtung einer leistungsfähigen Cloud-Infrastruktur, die nach europäischen Regeln verwaltet wird. Allerdings könnte es hierbei noch schwieriger sein, eine Governance im öffentlichen Interesse zu gewährleisten, da es sich nicht um ein EU-Projekt handelt.

⁶ Eine frühere Form von ÖPP – vertragliche ÖPP (c-PPP), von denen es insgesamt zehn gab – wurde 2020 abgeschafft.

15 Agile und experimentierfreudige Innovationspolitik

Dieses Kapitel befasst sich mit der Bedeutung einer agilen Politik und Governance für Transformationen im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI). Politikverantwortliche und staatliche Einrichtungen müssen neue Antworten auf die Innovationsherausforderungen der ökologischen und der digitalen Transformation finden, indem sie vor allem mehr Flexibilität zulassen und Experimentierräume schaffen. Das Kapitel betrachtet den öffentlichen Sektor in seiner Rolle als treibende Kraft des Wandels und erörtert, wie Politikverantwortliche Innovationen durch politische und regulatorische Experimente voranbringen können. Im Mittelpunkt stehen dabei insbesondere Sprunginnovationen. Außerdem enthält das Kapitel eine Empfehlung zur Einrichtung eines öffentlich-privaten Labors für die Erprobung von Innovationspolitik.

Einleitung

Die deutsche WTI-Politik hat die Arbeit erfolgreicher Innovationsträger immer unterstützt und ist durch sie geprägt worden. Wie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) veranschaulicht, richtet sich eine ganze Reihe umfassender und finanziell gut ausgestatteter Maßnahmen speziell auch an kleine und mittlere Unternehmen (KMU; vgl. Kapitel 5). Hinzu kommen diverse Konzepte zur Förderung von Start-ups sowie Bemühungen, Schlüsseltechnologien für die Zukunft zu unterstützen, wie Industrie 4.0, KI und verschiedene Wasserstoffverfahren.

Das Tempo des technologischen Wandels sowie die Komplexität und gesellschaftlichen Auswirkungen transformativer Herausforderungen erfordern mehr Agilität, Flexibilität und Raum für Experimente in der Politikgestaltung. Um den Beitrag des WTI-Ökosystems zur Erreichung von Transformationszielen zu steigern, müssen die Politikverantwortlichen Antworten auf die verschiedensten Herausforderungen finden.

- Erstens findet die rasante Entwicklung vieler erfolgskritischer Lösungen (insbesondere in der ökologischen Transformation) auf technologischem Neuland statt. Damit stellt sich die Frage, inwieweit tradierte Regulierungsrahmen bedeutenden Innovationen noch den nötigen Spielraum und förderliche Bedingungen bieten können. Experimente werden von entscheidender Bedeutung sein; starre Entwicklungspläne hingegen werden sich angesichts der technologischen Neuerungen der Zukunft und ihren vielen Ungewissheiten nur schwer aufstellen lassen. Beim Umgang mit diesen Experimenten und bei der Auswahl der vielversprechendsten Konzepte ergibt sich allerdings auch eine Reihe von Herausforderungen in Bezug auf die Governance (vgl. Kapitel 14).
- Damit ist eine zweite Schwierigkeit verbunden: Viele potenziell wichtige Lösungen lassen noch die nötige technologische Reife missen, um wirtschaftlich tragfähig zu sein. Und selbst wenn dieses Problem überwunden ist, besteht immer noch die Gefahr, dass Fehlfunktionen des Markts – wie zu niedrige Preise für CO₂-Emissionen und andere Umweltexternalitäten – das kommerzielle Potenzial der Innovation mindern. In beiden Fällen müssen die Politikverantwortlichen u. U. mehr unternehmen, um die Markteinführung vielversprechender Technologien voranzutreiben, etwa indem sie die Entwicklung neuer Märkte unterstützen.
- Schließlich kann die Bundesregierung es für notwendig befinden, ihre WTI-Maßnahmen stärker auf spezifische Missionen oder Ziele auszurichten. Diese Steuerung wird noch mehr Agilität, Flexibilität und Experimentierfreude erfordern. Vor allem bei zeitkritischen Zielen wie der Minderung von Treibhausgasemissionen dürfte weniger dafür sprechen, sich auf die freien Kräfte des Markts zu verlassen.

In diesem Abschnitt werden die Agilität, Flexibilität und Experimentierfreude der deutschen WTI-Politik untersucht. Er enthält zudem eine Reihe von Handlungsempfehlungen, die die Agilität der staatlichen WTI-Politik und damit auch ihre Erfolgsaussichten verbessern können. Die in diesem Abschnitt dargelegten Empfehlungen und Analysen sollten als Ergänzung zum bestehenden WTI-Policy-Mix betrachtet werden, mit dem Deutschland nach wie vor in vielerlei Hinsicht Pionierarbeit leistet, insbesondere was die Förderung des innovativen Potenzials von KMU betrifft. Dass diese Herausforderungen in den kommenden Jahren an Bedeutung verlieren, ist allerdings nicht zu erwarten, und ihre Komplexität wird zunehmen. Eine Kernfrage lautet daher: Inwieweit ist die deutsche WTI-Politik in ihrer aktuellen Form gerüstet für einen neuen Kontext, in dem viele Technologie- und Wissenschaftsbereiche auf eine agilere und flexiblere Politikgestaltung mit mehr Raum für Experimente angewiesen sind, um neue Ideen und Konzepte in der Praxis zu testen?

Die erste Empfehlung in diesem Abschnitt betrifft die Einrichtung eines Labors für Innovationspolitik. Es würde als Inkubator und Beschleuniger der vielversprechendsten WTI-Maßnahmen des deutschen Staats im Umgang mit Transformationsprozessen fungieren. Im weiteren Verlauf dieses Abschnitts werden die Agilität der deutschen Innovationspolitik und ihre Offenheit für Experimente analysiert.

Empfehlung 2: Ein öffentlich-privates Labor für experimentierfreudige and agile Innovationspolitik einrichten

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Der rasante technologische Wandel und die Beschaffenheit der transformativen Herausforderungen, die auf die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft zukommen, erfordern eine agilere Politikgestaltung und mehr Raum für Experimente. In der WTI-Politik bedarf es vorausschauender Strategien, gemeinsam mit Akteur*innen der Zivilgesellschaft konzipierter Maßnahmen sowie digitaler Instrumente, die Innovationskonzepten eine solide Datengrundlage geben. Beispiele hierfür sind semantische Auswertungen und Big-Data-Analysen, um Daten, die für das WTI-System relevant sind, zu erfassen und zu analysieren. Eine agilere WTI-Politik könnte die Wirksamkeit missionsorientierter Maßnahmen steigern, dazu beitragen, die effizientesten Politikansätze zu skalieren, und raschere Kurskorrekturen ermöglichen. Dies sind entscheidende Voraussetzungen einer deutschen Führungsrolle durch Sprunginnovationen und neuen damit verbundenen Geschäftsmodellen. Die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ des vorgeschlagenen Forums (siehe Empfehlung 1 [E1]) sieht vor, mit dem globalen Wandel Schritt zu halten, um Transformationsprozesse kontrollieren zu können. Dafür würde das hier empfohlene öffentlich-private Labor bestimmte Kernbereiche der Innovationspolitik agil gestalten.

E2.1 Als institutioneller Arm des Forums (vgl. E1) sollte das Labor agile Politikgestaltung unterstützen, Reflexivität, Experimente und Lernprozesse fördern und beschleunigen sowie die großen Veränderungen voranbringen, die nötig sind, um die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ des Forums umzusetzen. Dementsprechend wäre es Aufgabe des Labors, Leistungsträger, die Experimente durchführen, und vielversprechende Innovationen im gesamten WTI-Ökosystem zu fördern. Davon könnten auch öffentliche Einrichtungen profitieren, die mit Regulierungsexperimenten (vgl. Empfehlung 3 [E3]) oder mit der Beschaffung von Innovationen (vgl. Empfehlung 6 [E6]) befasst sind, ebenso wie städtische Initiativen und andere Bottom-up-Ansätze zur Unterstützung von Transformationen. Gefördert würden auch federführend auf Länderebene initiierte Experimente für Kernaufgaben wie die Digitalisierung des öffentlichen Sektors sowie neue Konzepte für die Beschaffung von Innovationen auf allen Verwaltungsebenen, einschließlich der Kommunen. Das Labor hätte auch den Auftrag, die Abstimmung zwischen Fachministerien, öffentlichen Einrichtungen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu verbessern. Es würde regionaler Kompetenzen nutzen, um die Entwicklung und Skalierung besonders vielversprechender Regulierungs- und Politikansätze zur Bewältigung von Innovationsherausforderungen zu beschleunigen. Eine wichtige Aufgabe des Labors wäre zudem die Suche nach Möglichkeiten, die Reflexivität zu erhöhen, Lehren aus politischen Experimenten zu ziehen und (bei Bedarf) grundlegende Politikveränderungen zu erleichtern.

E2.2 Das Labor würde Umsetzung und Monitoring fördern und die Vision „Deutschland 2030 und 2050“ voranbringen (vgl. E1) Konkret könnte es eine strategische Vorausschau als Grundlage der Vision „Deutschland 2030 und 2050“ durchführen und zugleich Entwicklungen und Abstimmungsprobleme im Auge behalten, die Transformationsprozesse behindern könnten. Dafür würde das Labor die gesamte Innovationskette von der Ideenfindung bis zur Markteinführung berücksichtigen und den Austausch zwischen den verschiedenen Akteur*innen fördern. Das Innovationslabor würde auch Vermittler des Wandels unterstützen, die den Märkten und diversen Beteiligten des WTI-Systems helfen, die Vision zu verwirklichen. **Dies** würde namentlich in Form von Auszeichnungen, Wettbewerben usw. geschehen. Beispielsweise würde es die Planung und Einrichtung von Reallaboren und andere Ansätze für flexiblere Rechtsrahmen unterstützen (nähere Einzelheiten siehe E3). Auf ähnliche Weise könnte es auch nachfrageseitige Mechanismen zur Ankurbelung der Innovationstätigkeit fördern (zum Beispiel die öffentliche Beschaffung von Innovationen, wie in E6 dargelegt), und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen begünstigen. Besonders wichtig wäre die Förderung von Sprunginnovationen durch

die Unterstützung der Aktivitäten der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) und, im weiteren Sinne, risikofreudiger unternehmerischer Initiativen.

E2.3 Autonomie und finanzielle Ausstattung des Labors würden es ihm ermöglichen, Fachkräften mit unterschiedlichen Profilen mit Hilfe von alternativen Arbeitsverträgen anzubieten und flexibel mit Innovationsakteuren zusammenzuarbeiten. Entsendungen oder befristete Einstellungen würden den Austausch mit der Wirtschaft intensivieren, damit die Politikgestaltung auf wissenschaftlichem und technologischem Neuland oder in besonders komplexen Bereichen technische und unternehmerische Erfahrungen sowie praktisches Wissen berücksichtigt. Um zu verhindern, dass das bereits sehr dichte Netz an WTI-Politikakteur*innen noch komplexer wird, wäre das Labor keine permanente Einrichtung. Seine Rolle ist es allein die neue Agenda des Wandels für künftige Transformationen in der WTI-Politik und insbesondere neue Prozesse auf den Weg zu bringen.

Einschlägige globale Erfahrungen und Best Practices

In den letzten Jahren ist die Politikgestaltung (nicht zuletzt aufgrund ihres größeren Anwendungsbereichs und ihrer breiter gefächerten Ziele) komplexer geworden, gleichzeitig haben das Tempo des technologischen Fortschritts und der Klimawandel den Zeitdruck erhöht. Das hat dazu geführt, dass Reallabore an Aufmerksamkeit gewonnen haben. Sie sind Testräume für Regulierung und politische Maßnahmen, die es den Politikverantwortlichen ermöglichen, Initiativen in engem Austausch mit Verwendern von Innovationen und beteiligten Akteuren zu konzipieren und Maßnahmen umzusetzen – unter realen Bedingungen, aber in einem thematisch oder räumlich eingegrenzten Umfeld. Konzepte können so über einen gewissen Zeitraum gemeinsam gestaltet, getestet und verbessert werden. Dies kann das Lernen und die Reflexivität in der Politikgestaltung fördern und beschleunigen, sodass die Qualität und Wirksamkeit von Maßnahmen steigen. Insgesamt können Reallabore Veränderungen und Innovationen im öffentlichen Sektor untermauern und beschleunigen, wodurch sich nicht nur dessen Dienstleistungen verbessern, sondern auch seine Fähigkeit, Innovationen generell zu unterstützen.

Reallabore und vergleichbare Konzepte können auf bestimmte Politikbereiche ausgerichtet sein – wie Besteuerung, Finanzdienstleistungen, Gesundheitsversorgung und Mobilitätslösungen (Österreich), organisierte Kriminalität (Schweden), Immigration (Finnland) oder Beschäftigungssysteme (Dänemark) – oder sie fördern eine innovative, experimentelle und inklusive Politikgestaltung im öffentlichen Sektor (EUPAN, 2018^[11]). Sie eignen sich nicht nur für die Politikgestaltung, sondern auch für Umsetzungs- und Evaluierungszwecke – d. h., in diesen Laboren können auch die Auswirkungen oder Folgen neuer Bestimmungen oder Politikansätze für Menschen, Organisationen und Systeme getestet werden. Der britischen Regierung zufolge fließt mithilfe der Reallabore menschenzentriertes Design-Thinking in die Politikgestaltung ein: „Reallabore führen in den Abteilungen des öffentlichen Dienstes neue politische Gestaltungsmethoden ein, die es ermöglichen, anhand von Datenanalysen und neuen digitalen Instrumenten auf die Bedürfnisse der Menschen zugeschnittene Dienstleistungen zu konzipieren (GOV.UK, o. J.^[12]). Andere Beispiele für Reallabore finden sich z. B. in Dänemark, Österreich, Finnland und Schweden (The GovLab, 2016^[3]; Guerra und Luna, 2018^[4]; Arge ITA-AIT Parlament, 2021^[5]; Regeringen, 2017^[6]).

15.1. Der öffentliche Sektor als treibende Kraft des Wandels

Deutschland ist seit Langem bestrebt, seine öffentliche Verwaltung zu verbessern. Im Rahmen der beiden Fellowship-Programme Work4Germany und Tech4Germany unterstützen verschiedene Expert*innen aus der Privatwirtschaft den öffentlichen Sektor für einen gewissen Zeitraum dabei, innovative Arbeitsmethoden zu etablieren. Kürzlich hat die Bundesregierung außerdem die Umsetzungsstrategie *Digitalisierung gestalten* und eine *Datenstrategie* konzipiert und eingeführt (Bundesregierung, 2018^[7]), und für die internen Onlinedienste der Bundesverwaltung gibt es heute die Bundescloud. Im Juli 2021 wurde ein

neues Registermodernisierungsgesetz verabschiedet, um Behörden den strukturierten und sicheren digitalen Austausch von Bürgerdaten zu erleichtern. Die Bestimmung entspricht der im Onlinezugangsgesetz geregelten Verpflichtung von Bund, Länder und Gemeinden, bis 2022 ein breites Spektrum an Verwaltungsleistungen online anzubieten. Die Bemühungen, dieses Ziel zu erreichen, wurden jüngst intensiviert. Im Mai 2021 waren 315 der 575 im Gesetz aufgeführten Verwaltungsleistungen zumindest z. T. online zugänglich (Europäische Kommission, 2021^[8]).

Allerdings steht die öffentliche Verwaltung vor einigen bedeutenden Herausforderungen, die den Politikverantwortlichen die Umsetzung von WTI-Konzepten erschweren. Im Zentrum dieser Herausforderungen steht die Frage der Modernisierung (und insbesondere Digitalisierung) des öffentlichen Sektors, verbunden mit dem Anspruch, mit dem privaten Sektor nicht nur Schritt zu halten, sondern mit gutem Beispiel voranzugehen. Wie kann z. B. von den Behörden und WTI-Politikverantwortlichen erwartet werden, neue und komplexe Informationsquellen bestmöglich für staatliche Maßnahmen zu nutzen, wenn sich die Digitalisierung des öffentlichen Sektors nicht beschleunigt und sowohl Datenintegration als auch Interoperabilität weiter zu wünschen übrig lassen?

Der im Jahr 2006 geschaffene Normenkontrollrat hat immer wieder darauf gedrängt, die öffentliche Verwaltung in Deutschland zu modernisieren und den Staat zukunftsfest zu machen (NKR, 2021^[9]; Fahrenholz, 2021^[10]). Besonderen Anlass zur Besorgnis geben u. a. die Digitalisierungsrückstände des öffentlichen Sektors (sowohl bei der Anpassung der eigenen Arbeitsweise als auch beim Abbau von Digitalisierungshürden in Wirtschaft und Gesellschaft), übermäßig lange Gesetzgebungsprozesse und Regulierungsverfahren, die an der Praxis vorbeigehen (NKR, 2021^[9]), exzessive regulatorische Belastungen und Bürokratie für Bürger*innen und Unternehmen sowie generell ein öffentlicher Sektor, der den aktuellen Bedürfnissen und Realitäten von Gesellschaft und Wirtschaft nicht gerecht wird (NKR, 2020^[11]). Seit 2011 misst der Normenkontrollrat den Erfüllungsaufwand, d. h. die Kosten, die durch die Befolgung von Regeln und Vorschriften dem privaten und öffentlichen Sektor sowie den Bürger*innen entstehen. In seinem Jahresbericht 2021 kam die Behörde zu dem Schluss, dass dieser Aufwand zwar für die Bürger*innen leicht gesunken ist, für Wirtschaft und Verwaltung aber deutlich zugelegt hat (NKR, 2021^[9]).

Im Oktober 2021 veröffentlichten 23 Expert*innen und Akteur*innen, darunter der Gründungsdirektor von SPRIND, ein Positionspapier, in dem sie darlegen, dass die Modernisierung der öffentlichen Verwaltung zu einer Frage der Zukunftsfähigkeit und Demokratie des Landes geworden ist. Sie nennen außerdem acht konkrete Handlungsfelder, in denen ihrer Meinung nach dringender Handlungsbedarf besteht (Nanz, Borggräfe und Hassel, 2021^[12]). Die öffentliche Verwaltung bedürfe eines grundlegenden Kulturwandels, eines neuen Selbstverständnisses und einer Anpassung ihrer Strukturen und Prozesse, um Deutschland durch die nächsten Jahrzehnte der Transformation führen zu können. Konkret empfehlen die Autor*innen u. a.: echte Organisationsentwicklungskompetenz aufbauen, das Personalmanagement der Verwaltung modernisieren, selbstständig und partizipativ Foresight- und Szenarienprozesse auf den Weg bringen, Verwaltungsprozesse für eine digitale Welt designen, eine horizontale und vertikale Öffnung der Politikkoordination und staatlichen Governance fördern sowie Transparenz und Öffentlichkeitsbeteiligung erhöhen.

15.2. Projektträger

In Deutschland werden Forschungs- und Innovationsprogramme von 19 Projektträgern abgewickelt, was für die Agilität, Experimentierfreude und Anpassungsfähigkeit der Innovationspolitik eine maßgebliche Rolle spielt (Förderberatung des Bundes, o. J.^[13]). Diese institutionelle Struktur besteht schon lange und hat Organisationen entstehen lassen, die dank ihrer umfassenden Erfahrungen wertvolles Feedback geben und bei der Umsetzung neuer Projekte auf ein umfassendes institutionelles Gedächtnis zurückgreifen können. Vorteile bietet auch das Vergabeverfahren für 5-Jahresverträge, das die Kosten des

Projektmanagements als Wettbewerbselement berücksichtigt und die Projektträger veranlasst, ein hochwertiges Forschungs- und Programmmanagement anzustreben. Projektträger sind gewöhnlich in unterschiedlichen Themenbereichen tätig, sodass sie verschiedene Perspektiven und Erfahrungen bündeln.

Gerade was die Agilität, Anpassungsfähigkeit und Experimentierfreude betrifft, birgt diese Struktur aber auch potenzielle Nachteile. Der Vertragscharakter des Verhältnisses zwischen Projektträger und Ministerium verhindert eine enge Verzahnung der Politikgestaltung mit ihrer Umsetzung in Form der Förderprogramme. Diese strikt nach vertraglichen Mustern gestaltete Beziehung und die mangelnde Unabhängigkeit der Projektträger erschweren diesen außerdem die Förderung riskanterer Innovationen, die besonders innovative Projekte voranbringen könnten (Edler und Fagerberg, 2017_[14]). Im Gegensatz zu deutschen Projektträgern können Organisationen wie Vinnova in Schweden oder der Research Council of Norway (RCN) breite und fundierte Erfahrungen sammeln, die es ihnen ermöglichen, bei der Programm- und Politikgestaltung in Partnerschaft mit den zuständigen Ministerien eine deutlich aktivere Rolle zu spielen.

Die Struktur in Deutschland könnte sich in den kommenden Jahren ändern: Der Koalitionsvertrag der Regierung, die seit Dezember 2021 im Amt ist, sieht die Gründung einer Deutschen Agentur für Transfer und Innovation (DATI) vor, um soziale und technologische Innovationen an den Hochschulen für angewandte Wissenschaften und an Universitäten in Zusammenarbeit mit KMU, Start-ups sowie sozialen und öffentlichen Organisationen zu fördern (SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, 2021_[15]).

15.3. Innovationen in politischen und regulatorischen Testräumen erproben

Test- und Experimentierräume haben in der deutschen Innovationspolitik deutlich an Bedeutung gewonnen (BMW, o. J._[16]): Zahlreiche Initiativen auf Bundes- und Länderebene fördern die Einrichtung von Reallaboren, insbesondere für Bereiche wie Digitalisierung und Energie, aber z. B. auch in der Stadtentwicklung. Dabei geht es vor allem darum, die Agilität von Regulierungsinstanzen bei der Förderung neuer Technologien mit potenziell umwälzenden Auswirkungen zu verbessern.

Wie in Kapitel 6 dargelegt, dürften antizipative und experimentelle Regulierungsansätze, wie sie in Reallaboren zum Einsatz kommen, immer wichtiger werden, um die Entwicklung hoch innovativer und besonders aussichtsreicher Technologien zu fördern.

Das BMWK definiert Reallabore wie folgt:

Reallabore als Testräume für Innovation und Regulierung machen es möglich, unter realen Bedingungen innovative Technologien, Produkte, Dienstleistungen oder Ansätze zu erproben, die mit dem bestehenden Rechts- und Regulierungsrahmen nur bedingt vereinbar sind. Die Ergebnisse solcher zeitlich und oft räumlich begrenzten Experimentierräumen [sic] bieten die Grundlage dafür, den Rechtsrahmen evidenzbasiert weiterzuentwickeln. Experimentierklauseln sind häufig die rechtliche Grundlage. (BMW, o. J._[16]).

Unterstützt wurde die Einrichtung von Reallaboren u. a. durch den Wettbewerb „Innovationspreis Reallabore“ (BMW, 2021_[17]), bei dem die Gewinner mit einem Qualitätssiegel ausgezeichnet werden. Auch die Länderregierungen fördern Reallabore auf unterschiedliche Weise (vgl. z. B. (MWK, o. J._[18])).

15.4. Maßnahmen zur Förderung von Sprunginnovationen

Immer mehr Stimmen aus der deutschen Politik, Wirtschaft und WTI-Gemeinschaft fordern die Bundesregierung auf, bessere Voraussetzungen für disruptive, bahnbrechende und radikal neue Innovationen zu schaffen. In einer Publikation des Jahres 2018 plädieren die Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft und des Fraunhofer-Instituts, der Vorsitzende des Kuratoriums der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften und eine Reihe von Wirtschaftsführern für eine Reform des Innovationssystems, um gezielt Sprunginnovationen zu fördern (Harhoff, Kagermann und Stratmann, 2018_[19]). Die Autoren (und viele

Kommentator*innen) vertreten die Auffassung, dass die transformativen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen, denen sich Deutschland und andere Länder gegenübersehen, auch stärker transformative – und in manchen Fällen disruptive – Innovationen erfordern. Angesichts des komplexen Innovationssystems und der Weltmarktführerschaft der wichtigsten Industrien in Deutschland gibt es keine verfügbare und sofort anwendbare Patentlösung für die Förderung dieser Art von Innovationen.

Dieses Defizit veranlasste die Bundesregierung 2019 zur Gründung der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND), wobei sie sich an Einrichtungen wie der US-amerikanischen Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) orientierte. Dies war vielleicht das konkreteste Resultat der Einsicht deutscher Politikverantwortlicher, dass radikal neue und bahnbrechende Innovationsaktivitäten stärker unterstützt werden müssen. Die Hauptaufgaben der SPRIND bestehen darin, Forschungsideen, aus denen radikale oder bahnbrechende Innovationen werden können, zu entdecken und weiterzuentwickeln sowie die Vermarktung und Verbreitung hoch innovativer Konzepte zu beschleunigen. In dieser Hinsicht knüpft die Agentur einerseits an die fest etablierte Tradition des öffentlich geförderten Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft an, andererseits bietet sie aber auch eine neue Perspektive, die den Bedenken vieler WTI-Akteur*innen Rechnung trägt.

Das Budget für SPRIND wird kontinuierlich erhöht; für die anfänglich zehnjährige Laufzeit der Agentur sind insgesamt 1 Mrd. EUR eingeplant. Organisatorisch untersteht die Agentur dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem BMWK. Der Aufsichtsrat setzt sich aus hochrangigen Vertreter*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie jeweils einem*einer Vertreter*in der Bundesministerien für Finanzen, für Bildung und Forschung sowie für Wirtschaft und Klimaschutz zusammen. Wie die DARPA schreibt auch die SPRIND zu spezifischen Themen Innovationswettbewerbe (Challenges) aus (z. B. die Challenge „Ein Quantensprung für neue antivirale Mittel“). Damit greift sie einen Ansatz für Innovationsanreize und -initiativen auf, der in den Informationstechnologien bereits fest etabliert ist und während der Coronapandemie auch in anderen Bereichen an Popularität gewonnen hat.

Für eine Erfolgsbilanz der Bundesagentur für Sprunginnovationen ist es zu früh, aber ihre Gründung veranschaulicht, welche Art von Institution diejenigen Innovationsaktivitäten unterstützen kann, die sich Führungskräfte aus Politik und Wirtschaft wünschen. Allerdings hat die Agentur bei der Erfüllung ihrer Mission und ihres Mandats derzeit mit bürokratischen, rechtlichen und institutionellen Hemmnissen zu kämpfen. Auch eine Reihe operativer Hürden drohen, die Wirksamkeit der SPRIND abzuschwächen. Beispielsweise könnten mehrere institutionelle und rechtliche Einschränkungen – z. B. bestimmte beihilfe-rechtliche Regelungen und Regulierungsaufgaben – die Agentur daran hindern, ihren Bestimmungszweck zu erfüllen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann sie nur 100%ige Tochtergesellschaften besitzen, die von der Agentur selbst oder den Ministerien Kredite erhalten können und nach maximal fünf Jahren verkauft werden müssen. Gleichzeitig erfordert die Governance-Struktur der Agentur viel Koordination und enge interministerielle Zusammenarbeit, da sich das BMBF und das BMWK die Zuständigkeit für die SPRIND teilen. Schon bei der Gründung der Agentur sorgte die Suche nach einem Konsens unter diesen Ministerien (und dem Bundesministerium für Finanzen) – zusammen mit der damals alles beherrschenden Covid-19-Pandemie – für Verzögerungen. Es besteht die Gefahr, dass stetige Reibungsverluste durch interministerielle Abstimmungsarbeit die operativen und strategischen Möglichkeiten der Agentur ernsthaft einschränken. Diese Faktoren sollten identifiziert und angegangen werden. Zudem beschränkt sich der Einfluss der SPRIND selbst mit idealem Handlungsspielraum und genügend Ressourcen immer auf die von ihr finanzierten Projekte und deren potenzielle Auswirkungen. Deshalb müssen ergänzende Maßnahmen die Effizienz und langfristige Wirkung der Agentur erhöhen und es ihr ermöglichen, ein breites Spektrum an bahnbrechenden und disruptiven Innovationen systematischer und effektiver zu unterstützen. In Anbetracht der beschriebenen Einschränkungen wurden die rechtlichen Freiräume der Agentur auch bereits ausgeweitet und weitere rechtliche Vereinfachungen sind geplant, damit die SPRIND agiler, flexibler und unabhängiger agieren kann (BMBF, 2022^[20]).

Die Bundesregierung sollte erstens Initiativen und Programmen mehr Gewicht verleihen, die besonders risikoreiche und bahnbrechende Forschungsvorhaben finanzieren. Dies sollte aber nicht zu Lasten des

soliden Forschungssystems in Deutschland gehen, sondern es lediglich ergänzen. Zweitens könnte die Forschungsfinanzierung in ihrer gegenwärtigen Form durch Initiativen ergänzt werden, die sich einer bestimmten gesellschaftlichen Herausforderung annehmen, indem sie die Grundlagenforschung verschiedener akademischer Fachgebiete interdisziplinär verknüpfen. Die Convergence Research-Initiative der National Science Foundation in den Vereinigten Staaten könnte sich dabei als Vorbild eignen. (NSF, o. J.^[21]). Drittens sollte sich die Regierung darum bemühen, Sprunginnovationen systematischer und nicht nur über die SPRIND zu finanzieren. Hierfür müssen sich Denkmuster, Regeln und die Evaluierungskriterien für laufende Innovationsinitiativen und andere Förderprogramme ändern. Möglicherweise müssen auch neue Programme konzipiert werden, die stärker auf Sprunginnovationen zugeschnitten sind. Viertens sollte die Regierung nach Wegen suchen, um einen systematischeren Ausbau erfolgreicher disruptiver Lösungen zu unterstützen. Neben der gezielten Förderung dieser Vorhaben (beispielsweise durch ein zweckgebundenes Programm) dürften hierfür auch eine stärker antizipativ ausgerichtete Regulierung und innovationsfreundliche Normensetzungsverfahren nötig sein. Außerdem bedarf es eines Mechanismus, mit dem die erforderlichen Ressourcen ermittelt und für die Skalierung erfolgreicher Lösungen im öffentlichen Sektor eingesetzt werden können. Fünftens sollte die Bundesregierung ihre bisherigen Bemühungen um eine Förderung von Sprunginnovationen über öffentliche Aufträge (in Bereichen, wie Digitalisierung, Umwelttechnologien und diverse Nachhaltigkeitslösungen) auf den Prüfstand stellen und erheblich verstärken.

Insgesamt ist es wichtig, dass die Politikverantwortlichen, die relevanten Akteure und die Gesellschaft als Ganzes die folgende Überzeugung teilen, vertreten und verinnerlichen: Um Pfadabhängigkeiten zu durchbrechen und wünschenswerte Transformationen voranzubringen, müssen bahnbrechende Neuerungen und Sprunginnovationen gefördert werden – und dies wiederum setzt voraus, dass sich Denkweisen, Mandate und Steuerprozesse grundlegend wandeln.

Literaturverzeichnis

- Arge ITA-AIT Parlament (2021), „Reallabore/Sandboxes als regulatorische Experimentieräume“, Foresight und Technikfolgenabschätzung: Monitoring von Zukunftsthemen für das Österreichische Parlament, Parlament, Institut für Technikfolgen-Abschätzung, Wien und Austrian Institute of Technology, Wien, https://www.parlament.gv.at/ZUSD/FTA/081_reg_experiment.pdf. [5]
- BMBF (2022), „Stark-Watzinger: Wir wollen die SPRIND auf die nächste Stufe heben“, Pressemitteilung, 14. März, BMBF, Berlin, <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2022/03/140322-SPRIND.htm>. [20]
- BMWi (2021), „Innovationspreis Reallabore 2022“, 10. November, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Wettbewerb/innovationspreis-reallabore.html>. [17]
- BMWi (o. J.), „Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung und Regulierung“, BMWi, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>. [16]
- Bundesregierung (2018), *Shaping Digitalization – Implementation strategy of the Federal Government*, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/shaping-digitalization-implementation-strategy-of-the-federal-government-1605330>. [7]
- Edler, J. und J. Fagerberg (2017), „Innovation policy: what, why, and how“, *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 33/1, S. 2-23, <http://dx.doi.org/10.1093/oxrep/grx001>. [14]
- EUPAN (2018), *Innovative Policy Labs in the Public Administration*, European Public Administration Network, https://www.eupan.eu/wp-content/uploads/2019/02/2018_1_BG_Innovative_Policy_Labs_in_the_Public_Administration.pdf. [1]
- Europäische Kommission (2021), *Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) 2021 – Deutschland*, Europäische Kommission, Brüssel, <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/80587>. [8]
- Fahrenholz, P. (2021), „Deutschland ist, denkt und handelt zu kompliziert“, *Süddeutsche Zeitung*, 9. November, <https://www.sueddeutsche.de/politik/digitalisierung-digitalisierungsministerium-ampel-koalition-1.5459070>. [10]
- Förderberatung des Bundes (o. J.), „Projektträger in der Forschungsförderung“, https://www.foerderinfo.bund.de/foerderinfo/de/beratung/projekttraeger/projekttraeger_node.html. [13]
- GOV.UK (o. J.), „About Policy Lab“, GOV.UK, <https://openpolicy.blog.gov.uk/about/>. [2]
- Guerra, I. und A. Luna (2018), „Innovation Culture in the Public Sector: A Learning Experience“, Social Innovation Community, 25. Januar, <https://www.siceurope.eu/network/public-sector-innovation/innovation-culture-public-sector-learning-experience>. [4]
- Harhoff, D., H. Kagermann und M. Stratmann (Hrsg.) (2018), *Impulse für Sprunginnovationen in Deutschland*, acatech DISKUSSION, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München, <https://www.acatech.de/publikation/impulse-fuer-sprunginnovationen-in-deutschland/download-pdf>. [19]

- MWK (o. J.), „Baden-Württemberg fördert Reallabore“, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Stuttgart, <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungspolitik/wissenschaft-fuer-nachhaltigkeit/reallabore/>. [18]
- Nanz, P., J. Borggräfe und A. Hassel (2021), „Eine moderne Verwaltung ist Voraussetzung für Deutschlands Zukunftsfähigkeit und Demokratie – Acht Handlungsfelder für die nächste Bundesregierung“, Working Paper, 11. Oktober, <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5560895>. [12]
- NKR (2021), „OECD fordert stärkere Einbeziehung der Praxis im Gesetzgebungsprozess und Verbesserungen bei Evaluationen“, Pressemitteilung, 6. November, Nationaler Normenkontrollrat, Berlin, <https://www.normenkontrollrat.bund.de/nkr-de/service/presse/pressemitteilungen/oecd-organisation-fuer-wirtschaftliche-zusammenarbeit-und-entwicklung-fordert-staerkere-einbeziehung-der-praxis-im-gesetzgebungsprozess-und-verbesserungen-bei-evaluationen-1545>. [9]
- NKR (2020), *Krise als Weckruf: Verwaltung modernisieren, Digitalisierungsschub nutzen, Gesetze praxistauglich machen*, Jahresbericht, Nationaler Normenkontrollrat, Berlin, <https://www.normenkontrollrat.bund.de/resource/blob/818046/1800428/44bc6f69bc02569670>. [11]
- NSF (o. J.), „Convergence Research at NSF“, National Science Foundation, Alexandria, <https://www.nsf.gov/od/oia/convergence/index.jsp>. [21]
- Regeringen (2017), „Uppdrag att stärka samordningen mellan myndigheter för en sammanhållen innovationsprocess“, Regierungsbeschluss, <https://www.regeringen.se/494cc8/contentassets/6e51b791090445acbe66c51fbe6106ae/n17-01832.pdf>. [6]
- 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>. [15]
- The GovLab (2016), „MindLab: The evolution of a public innovation lab“, Blogbeitrag, 7. März, The GovLab, NYU Tandon School of Engineering, NYC, <https://blog.thegovlab.org/post/mindlab-the-evolution-of-a-public-innovation-lab>. [3]

16 Alle an einen Tisch bringen: Beteiligung und Teilhabe am deutschen Innovationsgeschehen

Dieses Kapitel befasst sich mit Fragen der Teilhabe an Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI). Dies ist ein Gebiet, auf dem Deutschland trotz seines soliden WTI-Systems eine ganze Reihe an Herausforderungen zu bewältigen hat, insbesondere mit Blick auf die Geschlechter. Diese Herausforderungen werden vorgestellt, gefolgt von einer Erörterung einiger Aspekte der Teilhabe der Regionen und aller Wirtschaftsakteure. Die ökologische und die digitale Transformation können unausgewogene Auswirkungen haben – und umso wichtiger ist es, bei Politikgestaltung und -umsetzung den verschiedensten Stimmen Gehör zu verleihen. Das Kapitel enthält daher auch eine Empfehlung für eine stärker partizipativ ausgerichtete Gestaltung der WTI-Politik während dieser Transformationen.

Einleitung

Teilhabe ist für Innovationen von entscheidender Bedeutung: Vom Kreis der Mitwirkenden hängt es ab, welche Personen von Produktivitäts-, Einkommenszuwächsen und anderen Innovationsgewinnen profitieren. Umgekehrt gilt auch, dass vom Innovationsgeschehen ausgegrenzte Personen von den sozio-ökonomischen Veränderungen, die anderen zugutekommen, möglicherweise negativ betroffen sind. Deshalb trägt Teilhabe dazu bei, WTI-Politik und sozioökonomische Zielsetzungen besser in Einklang zu bringen. Wenn unterschiedliche Stimmen – einschließlich jener, die sich traditionell nicht an Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) beteiligen – Gehör finden, kann dies zu sachlich fundierteren und effektiveren Interventionen der öffentlichen Hand führen, die eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz genießen und den Widerstand gegenüber Veränderungen verringern.

Teilhabe ist auch ein Ergebnis der Verteilung der Innovationsaktivitäten auf verschiedene Regionen und Branchen. Eine niedrige geografische Streuung der Innovationstätigkeit und -kapazitäten führt dazu, dass sich die Chancen, die sich den Menschen in verschiedenen Regionen bieten, deutlich unterscheiden. In ähnlicher Weise wird Teilhabe davon beeinflusst, in welchen Unternehmen und Sektoren Innovationsressourcen und -kapazitäten zum Einsatz kommen und in welchen nicht, denn dies führt zu Unterschieden bei Löhnen und Kapitalerträgen. Damit beziehen sich beide Fragen letztlich auf die Herausforderung einer sozial ausgewogenen Beteiligung, da sie implizieren, dass sowohl die Erträge aus der Innovationsleistung als auch die Möglichkeiten zur Teilnahme an Innovationen ungleich verteilt sind.

Trotz seiner allgemeinen Stärken steht das deutsche Innovationssystem auf dem Gebiet der Teilhabe vor mehreren Herausforderungen, die die Innovationstätigkeit beeinträchtigen. Wie in den Kapiteln 3, 10 und 11 erörtert, finden die Innovationen des privaten Sektors überwiegend in großen Konzernen und vergleichsweise selten in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) statt. Dieser Abschnitt befasst sich zwar nicht mit diesen wirtschaftlichen Aspekten, sie stehen jedoch im Zusammenhang mit den hier erörterten Herausforderungen. So hat die Konzentration der wirtschaftlichen Innovationstätigkeit in bestimmten Unternehmen und Sektoren auch eine territoriale Dimension, denn dadurch verteilt sich der Großteil der Innovationsleistung auch nur auf wenige Regionen. Diese Zentren für bestimmte Technologiebereiche haben sich zu Weltmarktführern entwickelt, während andere Regionen ins Hintertreffen geraten sind, was zu territorialen Ungleichheiten beigetragen hat. Zwischen den Geschlechtern herrscht eine ähnliche Unausgewogenheit. Auch hier macht sich die Ausrichtung der deutschen Innovationstätigkeit auf bestimmte Industriezweige bemerkbar, denn dadurch hat der private Sektor den Kompetenzen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT) von jeher besonders große Bedeutung beigemessen. Frauen sind in diesen Bereichen jedoch weiterhin unterrepräsentiert. Gemeinsam haben diese Herausforderungen auf dem Gebiet der Teilhabe bewirkt, dass dem Land die Beiträge unterrepräsentierter Gruppen entgangen sind. Darüber hinaus bergen sie die Gefahr, dass die Kapazitäten des Innovationssystems den Bedarf der ökologischen und der digitalen Transformation nicht decken können, weil es z. B. an Kompetenzen außerhalb der MINT-Fächer mangelt, in denen Frauen oder Migrant*innen häufig besser ausgebildet sind.

Das vornehmliche Ziel der ökologischen Transformation ist zwar eine umweltfreundlichere, gerechtere und nachhaltigere Wirtschaft, die Innovationen, mit denen dieses Ziel erreicht werden soll, können jedoch zumindest mittelfristig asymmetrische sozioökonomische Auswirkungen haben. Zum Beispiel wird die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien nicht nur neue Arbeitsplätze, Investitionsmöglichkeiten und Wohlstand schaffen, sondern auch mit der Schließung der Kohlebergwerke in Deutschland und infolgedessen mit Beschäftigungsverlusten einhergehen. Ähnliche Konsequenzen können die „Winner-takes-all“-Dynamik und die disruptiven Effekte haben, die digitale Innovationen bisweilen begleiten: Der Kreis der Akteur*innen, die an diesen Innovationsgewinnen teilhaben und von ihnen profitieren können, verkleinert sich weiter (im Gegensatz zu der relativ breiten Partizipationsbasis im Bereich der wirtschaftlichen Innovationen). Vom Umgang mit diesen sozioökonomischen Auswirkungen hängt es ab, ob die Unterstützung der Transformationsprozesse durch die WTI-Politik Erfolg hat und zu einer gerechten

Lösung für die Gesellschaft führt. Dies gilt besonders dann, wenn sich diese Auswirkungen an bereits bestehenden territorialen, wirtschaftlichen, soziodemografischen oder geschlechterbezogenen Unausgewogenheiten orientieren.

Diese Herausforderungen auf dem Gebiet der Teilhabe rufen unterschiedliche Politikreaktionen hervor, im Kern zielen jedoch alle darauf ab, die durch Ausgrenzung verursachte Fehlallokation von Ressourcen in der Volkswirtschaft zu korrigieren. Auf diese Weise können Politikverantwortliche die Vielfalt derjenigen erhöhen, die einen Beitrag zu Innovationen leisten oder sogar die WTI-Politik mitgestalten. Dies fördert ein inklusives Wirtschaftswachstum und die Schaffung von Arbeitsplätzen. In Bezug auf die Beteiligung an den Innovationen selbst bedeutet das, dass Innovationsfähigkeit in allen Bildungsbereichen und nicht zuletzt auch durch Umschulungsprogramme gefördert werden muss; außerdem gilt es, Innovationshindernisse für Unternehmen und Bürger*innen abzubauen und mehr kooperative Formen der Innovation zu unterstützen sowie der auf territorialer und wirtschaftlicher Ebene ungleichen Verteilung von Kapazitäten und Chancen entgegenzuwirken. Und was die Teilhabe an der Politikgestaltung betrifft, müssen mehr Menschen in die Prioritätensetzung und Entscheidungsfindung einbezogen werden, politische Konzepte stärker auf einem institutionalisierten Zusammenwirken von Gesellschaft und WTI-System basieren und WTI-Ansätze lokale Erfahrungen berücksichtigen.

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Herausforderungen auf dem Weg zu einer territorial und sozial ausgewogenen Beteiligung am deutschen WTI-System. Fragen der wirtschaftlichen Inklusion, insbesondere der Beteiligung von KMU, werden in den Kapiteln 3, 10 und 11 behandelt. Er beginnt mit einer Empfehlung, wie die Teilhabe der Gesellschaft und der Entscheidungsfindungsprozess im WTI-System verbessert werden können. Im Anschluss daran gibt der Abschnitt einen Überblick über die Herausforderungen, die die Teilhabe am WTI-System beeinträchtigen. Er endet mit einer Erörterung der Chancen, die die offene Wissenschaft (Open Science) bietet, um die Beiträge zum Innovationssystem auszuweiten.

Empfehlung 8: Die Zivilgesellschaft und wichtige Akteur*innen stärker in die WTI-Politik einbeziehen, um Transformationen zu erreichen

Überblick und detaillierte Empfehlungen:

Viele der wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen, vor denen Deutschland steht, haben asymmetrische und häufig weitreichende Folgen mit gesellschaftlichen Auswirkungen. Die Debatten rund um ethische Fragen bei der Anwendung von künstlicher Intelligenz (KI) und Gen-Editierung veranschaulichen diese Auswirkungen. Daher sollte die Zivilgesellschaft stärker in die Gestaltung der WTI-Politik einbezogen werden, damit die staatliche Politik und ihre Vorgaben die Bedenken und Ideen eines breiten Spektrums von Akteuren widerspiegeln. Eine stärkere Einbindung der Zivilgesellschaft würde auch das *Angebot* an politischen Ideen erhöhen und Experimentierräume schaffen, besonders auch auf städtischer oder kommunaler Ebene. Die Teilnahme unterschiedlicher sozialer Gruppen an Innovationsaktivitäten trägt nicht nur dazu bei, die Gesellschaft auf die notwendigen Transformationen vorzubereiten, sondern begünstigt auch eine breitere gesellschaftliche Mitwirkung. Wenn sich die Zivilgesellschaft und Akteure aus Wissenschaft, Technologie und Innovation darüber austauschen, wie WTI-Politikprogramme, die auf sie ausgerichtet sind oder sich auf sie auswirken, am besten gestaltet werden können, kann eine solche Beteiligung die Vielfalt der Teilhabe verbessern und die Qualität der Programme steigern, sofern sie die Schwierigkeiten berücksichtigt, auf die die Zielgruppen der Maßnahmen treffen können.

E8.1 Bürgerräte einrichten, um über Innovationen und Innovationspolitik zu diskutieren.

Diese Räte könnten formal an das in E1 vorgeschlagene Forum angebunden werden, sodass sie strukturierte Anregungen für die Gestaltung und Ausrichtung der WTI-Politik geben können. Die Bürgerräte könnten sich mit denselben Themen befassen wie das Forum. Die Erprobung von Politikmaßnahmen und die Formulierung von Innovationsherausforderungen könnten ebenfalls Teil eines solchen Austauschs sein.

E8.2 Kommunale Reallabore entwickeln. Der Staat sollte die Einrichtung kommunaler Reallabore in Betracht ziehen, in denen Kommunen neue innovationspolitische Ansätze autonom erproben könnten. Dies könnte in Form von Öffentlich-Privaten Partnerschaften, von Partnerschaften mit Forschungseinrichtungen oder Start-ups sowie durch Beschaffung bei innovativen Unternehmen erfolgen, um lokale Lösungen für transformative Herausforderungen (z B. für Elektromobilität) zu suchen. Kommunale Reallabore könnten realistische Testräume für Bottom-up- und unternehmerisch getriebene Innovationen zur Bewältigung einer Reihe komplexer Herausforderungen bieten und als Starthilfe für die Skalierung erfolgreicher Konzepte auf regionaler oder nationaler Ebene dienen. Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass sie direktere und schnellere Kommunikationswege zwischen den WTI-Politikverantwortlichen auf nationaler und lokaler Ebene ermöglichen würden. Die Flexibilität und Agilität der Politik könnten sich dadurch merklich verbessern.

E8.3 Ein Programm schaffen, das es Städten und Gemeinden ermöglicht, einen Sonderstatus mit rechtlichen Freiräumen zur Erprobung von Innovationen zu beantragen. Bottom-up-Innovationen würden vereinfacht und beschleunigt, wenn lokale Behörden einen Sonderstatus beantragen könnten. Dieser würde es ihnen erlauben, flexibler innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für lokale Unternehmen zu schaffen und deren Innovationskapazitäten besser zu nutzen, um ortsspezifische Herausforderungen zu meistern. Städte und Gemeinden könnten so in einer Vielzahl von Bereichen eine regionale Vorreiterrolle übernehmen: bei der Verbesserung der Agilität und Koordination von Politikmaßnahmen, der Digitalisierung des öffentlichen Sektors, der innovativen Beschaffung, dem Einsatz innovativer Lösungen für eine nachhaltige Entwicklung, bei Innovationsmissionen, im Bereich Bürgerwissenschaft (Citizen Science) und Innovation oder auch bei der Förderung sozialer Innovationen.

E8.4 Ko-Kreation für Innovationen auf Stadt- und Regionalebene nutzen. Lokale Ko-Kreation von privatem und öffentlichem Sektor könnte sich für die Förderung einer innovativen öffentlichen Beschaffung als besonders nützlich erweisen und offene Innovationssysteme wie Living Labs, Reallabore oder Hackathons weiter voranbringen. Auch Projekte für nachhaltige Mobilität in Städten sind wichtige Beispiele für einen Bereich, in dem Innovationsaktivitäten von lokaler Ko-Kreation profitieren könnten. Wenn privater und öffentlicher Sektor auf diese Weise zusammenarbeiten, können sich für beide Parteien die Risiken ihrer Investitionen in die Innovationen neuer Technologiebereiche verringern und deren Markterfolg verbessern.

E8.5 Vielfalt im Innovationssystem fördern. Eine größere Bandbreite an beteiligten Akteur*innen fördert nicht nur Vielfalt und Teilhabe, sondern kann auch die Innovationsqualität verbessern. Ein erfolgreiches Innovationssystem, dem es trotz der Bevölkerungsalterung auch in Zukunft nicht an Talenten fehlen soll, muss auch für qualifizierte Migrant*innen, Frauen, Minderheiten und sozioökonomisch benachteiligte Menschen attraktiv sein, sie einbeziehen und ihnen Ausbildungsplätze und Berufe bieten. Daher könnte es sich zu einem Schwächefaktor für die deutsche Wirtschaft entwickeln, dass diese Gruppen in Führungspositionen unterrepräsentiert sind. Wenn die digitale und ökologische Transformation gelingen sollen, bedarf es neuer – sozialer und fachlicher – Kompetenzen. Das bedeutet auch, dass das Übergewicht der MINT-Kompetenzen in den Vorstandsetagen und ihre beherrschende Rolle in der deutschen Innovationslandschaft eine Herausforderung für die Zukunft darstellen und die Teilhabe verringern können. In der Tendenz sind Frauen in anderen Bereichen stärker vertreten, sodass eine stärkere Förderung entsprechender Innovationen nicht nur die Ergebnisse des Landes auf bisher eher vernachlässigten Gebieten verbessern, sondern auch mehr Frauen ins Innovationssystem bringen würde. Eine breiter angelegte Innovationsförderung könnte auch jenseits von Genderfragen für mehr Vielfalt sorgen. Wichtig ist aber, dass es dabei nicht nur um reine Partizipation gehen sollte, sondern insbesondere auch um die Erhöhung der Vielfalt in der Leitung und Steuerung von Innovationsaktivitäten. Die Unterstützung von Aktivitäten an der Nahtstelle von Citizen Science

und Innovation sind ebenfalls wichtig, ebenso wie die Einbeziehung der Zivilgesellschaft in kollaborativen Innovationsaktivitäten, die sich mit wichtigen Fragen für die Zivilgesellschaft beschäftigen.

Internationale Erfahrungen und Best Practices zur Steigerung der Vielfalt im Innovationssystem

Kooperative Innovation, partizipative Politikgestaltung und Open-Science-Initiativen sind wichtige Beispiele für Ansätze, die dazu dienen, mehr Menschen in die Gestaltung der WTI-Politik einzubeziehen. Werden sie erfolgreich umgesetzt, haben sie stets einen doppelten Effekt: Zum einen leisten sie einen Beitrag zu *besseren* Innovationsergebnissen (da sie, wie in diesem Bericht erörtert, das multidisziplinäre und sektorübergreifende Wissen fördern, das im Transformationskontext zum Erfolg führt); zum anderen erhöhen sie die gesellschaftliche Akzeptanz für diese Innovationsoutputs und die ihnen zugrundeliegenden Entscheidungen.

Wie wichtig Kooperation in Wissenschaft, Technologie und Innovation ist, wurde während der Covid-19-Pandemie deutlich: Ko-Kreation trug dazu bei, dass Innovationsakteure Lösungen für vielfältige und schwierige Probleme finden konnten, von der Impfstoffentwicklung über die Herstellung von Beatmungsgeräten bis hin zur Verarbeitung von Echtzeitdaten, auf die sich evidenzbasierte Politikmaßnahmen stützten. In diesem Sinne hat die Pandemie deutlich gemacht, dass Ko-Kreation in WTI sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor ein Innovationsmotor sein kann. Weitere wichtige Aspekte der Ko-Kreation, die für Deutschland relevant sind, sind der Rückgriff auf bestehende Forschungseinrichtungen und die Förderung des Austauschs mit der Wirtschaft. Beispiele hierfür liefern Kanada und Chile: Um Kooperationsteams zur Überwindung der Covid-19-Pandemie zusammenzustellen, stützte sich die kanadische Pandemic Response Challenge auf eine vom Nationalen Forschungsrat eingerichtete Plattform für gemeinsame Forschung und Entwicklung (FuE) sowie auf Netzwerke, die mit Zuschüssen und Fördermitteln unterstützt wurden. In Chile wurde ein bereits bestehender Forschungsfonds (Fondo de Investigación Científica) schnell an die Herausforderungen der Pandemie angepasst. Das Wissenschaftsministerium (MINCYT) finanziert dieses von der Agentur für Forschung und Entwicklung (ANID) geleitete Programm und gab der Initiative angesichts der Pandemie eine neue strategische Richtung: Indem es die staatlichen Prioritäten im Kampf gegen die Coronakrise kommunizierte, sorgte es dafür, dass das Programm vor allem der Unterbreitung von Lösungsvorschlägen diene. Im Rahmen dieser Initiative gingen 1 056 Anträge ein, 75 Projekte wurden gefördert (de Silva et al., 2022^[1]).

Staatliche Stellen können WTI-Politikmaßnahmen auch mit Teilhabezielen verknüpfen: Irlands Competitive Start Fund for Female Entrepreneurs stellt Unternehmerinnen Kapitalbeteiligungen zur Verfügung, damit sie die Kosten (einschließlich Gehältern sowie Reise- und Beratungskosten) für die Entwicklung eines Businessplans decken und wichtige technische und geschäftliche Meilensteine erreichen können. Indem sie Enterprise Ireland eine Beteiligung von 10 % gewähren, können erfolgreiche Bewerberinnen Kapital in Höhe von bis zu 50 000 EUR erhalten. Ein ähnliches Programm gibt es in Schweden, wo die Regierung eine staatseigene Risikokapitalgesellschaft gegründet hat, um in den nördlichen Regionen des Landes Unternehmen mit Wachstumspotenzial zu unterstützen, die Schwierigkeiten beim Zugang zu Finanzierungsmitteln haben. In beiden Fällen haben die politischen Entscheidungsträger klare Teilhabeziele in ihre WTI-Politikmaßnahmen eingebunden (Paunov und Planes-Satorra, 2017^[2]).

Wie in dieser Empfehlung und im folgenden Abschnitt 2 erörtert, kann die Teilhabe im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation u. a. durch eine breitere Beteiligung an der Gestaltung von Politikmaßnahmen zur Lösung lokaler Probleme verbessert werden. Ein Beispiel für die Wirksamkeit stärker partizipativ ausgerichteter Innovationsansätze ist das Projekt BrusSEau, das von 2017 bis 2020 lief und einen kooperativen Ansatz zwischen verschiedenen Forschungszentren, einer Nichtregierungsorganisation (NRO) und Planer*innen verfolgte. Ziel war es, die Gemeinschaft und Nutzer*innen maßgeblich in die Suche nach einer innovativen Lösung für ein lokales Problem (im Bereich Wasserwirtschaft) einzubinden. Das Programm war insbesondere von der Frage getrieben, wie ein Thema, das

trotz seiner großen gesellschaftlichen Bedeutung bisher nur von einem kleinen Kreis von Expert*innen diskutiert wurde, die politische Aufmerksamkeit erhalten kann, die es verdient – eine Frage, die für viele Diskussionen rund um die ökologische Transformation und ihre Herausforderungen relevant ist (Kreiling und Paunov, 2021^[3]; Crespin, 2020^[4]).

16.1. Überblick über die Zusammenhänge zwischen Innovation und Teilhabe

Es gibt sechs wichtige Punkte, an denen sich Innovationen und inklusives Wachstum verzahnen und gegenseitig verstärken (Paunov, 2019^[5]). Erstens spielen Innovationen eine Rolle bei der „Vergrößerung des Kuchens“, d. h., sie leisten einen Wachstumsbeitrag und sind auch für die damit verbundenen Zielkonflikte relevant. Der zweite Punkt ist die Rolle, die Innovationen bei der Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen wie der Bevölkerungsalterung oder des Klimawandels spielen. Drittens stellt sich die Frage, wie die Gesellschaft stärker in die Innovationstätigkeit und mehr Akteure in Innovationsprozesse eingebunden werden können. Der vierte Punkt ist die Frage der Innovationsdisparitäten, d. h. der territorialen, wirtschaftlichen, sozialen und nicht zuletzt auch internationalen Unterschiede bei der Teilhabe an Innovationen und dem mit ihnen verbundenen Nutzen. Der fünfte Punkt betrifft digitale Innovationen und die Frage, inwieweit die in der digitalen Wirtschaft vorherrschenden Innovationsformen die Teilhabe erleichtern können oder möglicherweise erschweren. Und sechstens geht es um die Fragen der partizipativen Innovation und partizipativen Gestaltung der WTI-Politik, die nachstehend erörtert werden. Eine breitere Beteiligung an der Konzipierung und Umsetzung der WTI-Politik kann dazu beitragen, unbeabsichtigte negative Folgen der Politikmaßnahmen für die Gesellschaft zu identifizieren; außerdem kann sie die gesellschaftliche Akzeptanz für die Entscheidungen nationaler Regierungen und nachgeordneter Gebietskörperschaften erhöhen. In Kasten 16.1 wird dargestellt, welche Wechselwirkungen zwischen diesen Punkten und einer territorial, wirtschaftlich und sozial ausgewogenen Beteiligung bestehen.

Eine weitere, damit verbundene Frage ist die nach der Wechselwirkung zwischen der Teilhabe an WTI und dem Erfolg der Technologie- und Wissenschaftsverbreitung. Die Impfstoffentwicklung während der Covid-19-Pandemie liefert ein gutes Beispiel: Trotz des breiten wissenschaftlichen Erfolgs bei der Bekämpfung des Virus fiel es den Regierungen aufgrund des geringen Vertrauens der Bürger*innen schwer, Impfprogramme umzusetzen. Dabei waren Menschen in Ländern mit einem allgemein hohen sozialen Vertrauen in die Wissenschaft selbst bei individueller Skepsis eher bereit, sich impfen zu lassen (Sturgis, Brunton-Smith und Jackson, 2021^[6]). Aus den Impferfahrungen während der Pandemie lassen sich wichtige Lehren für den Transformationskontext ableiten: Wenn sich die für die ökologische und digitale Transformation erforderlichen Innovationen und wissenschaftlichen Erkenntnisse in der gesamten Wirtschaft verbreiten sollen, ist es unerlässlich, dass die Gesellschaft der WTI-Gemeinschaft vertraut. Inklusiv und partizipative Ansätze der Politikgestaltung können dazu einen wichtigen Beitrag leisten.

In Anbetracht der Rolle, die das WTI-System bei der Bekämpfung der Covid-19-Pandemie gespielt hat, ändern sich auch die gesellschaftlichen Einstellungen – und die Erwartungshaltung – gegenüber dem WTI-System. Dies ist Chance und Herausforderung zugleich. Einerseits kann ein stärkerer Rückhalt für das WTI-System in der Gesellschaft bei der Bewältigung „nichttraditioneller“ Probleme (z. B. der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit) dazu führen, dass die Öffentlichkeit Innovationen besser unterstützt und sich für sie einsetzt. Andererseits können höhere Erwartungen an die Leistungen des WTI-Systems (und an die Geschwindigkeit ihrer Bereitstellung) zu Enttäuschungen führen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, sind eine breitere Mitwirkung und Teilhabe an den Beratungsprozessen, der Gestaltung und der Umsetzung der WTI-Politik von entscheidender Bedeutung.

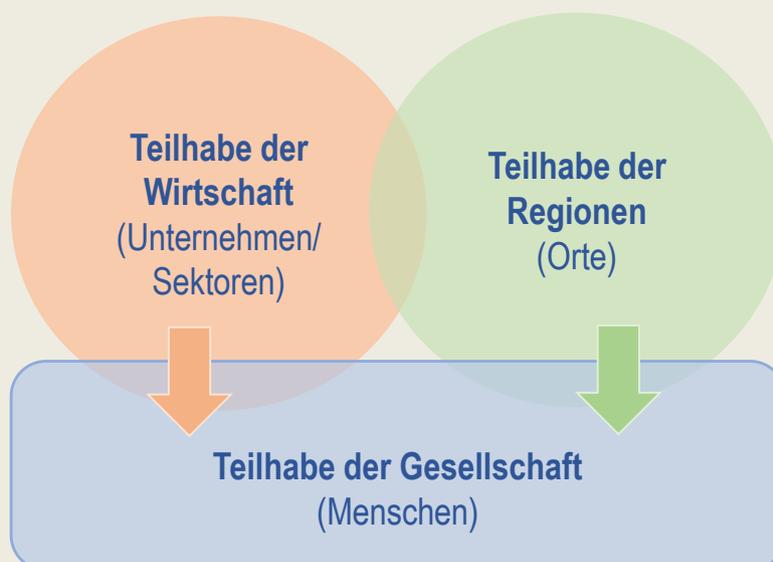
Mehr Teilhabe hat für die Verantwortlichen der Innovationspolitik auch einen instrumentellen Wert, da sie insbesondere *diejenigen* Innovationen fördern kann, die für die ökologische und digitale Transformation erforderlich sind. So müssen politische Entscheidungsträger angesichts der Bedeutung, die multidisziplinären Ansätzen und der Erleichterung neuer Formen des Wissenstransfers beigemessen wird,

Innovationsansätze unterstützen, die eine größere Bandbreite an Teilnehmer*innen an den Tisch bringen. Wie in Kapitel 11 erörtert, setzen Innovationserfolge in der ökologischen Transformation vermutlich voraus, dass die verschiedenen Fachrichtungen besser zusammenarbeiten und auch neue Stimmen jenseits des traditionellen WTI-Systems zu Wort kommen.

Kasten 16.1. Innovation und Teilhabe

Die Merkmale des Produktionssystems eines Landes spielen bei der Gestaltung inklusiven Wachstums eine wichtige Rolle. Die Konzentration von Innovationstätigkeiten in bestimmten Wirtschaftszweigen und Regionen steht daher in einem komplexen, aber wichtigen Zusammenhang mit Teilhabe und Lebensqualität. Die territorialen und sektoralen Aspekte der Innovationsbeteiligung werden als Teilhabe der Regionen bzw. Teilhabe der Wirtschaft bezeichnet; beide sind eng mit der Teilhabe der Gesellschaft verknüpft.

Abbildung 16.1. Innovation und Teilhabe



Wenn Innovationskapazitäten nicht breit über Sektoren und Regionen verteilt sind, kann dies die Lebensqualität der Menschen in weniger innovativen Wirtschaftszweigen oder Teilen des Landes beeinträchtigen, Ungleichheiten verfestigen und den Wechsel in Unternehmen oder Regionen mit einer potenziell höheren Teilhabe am Innovationsgeschehen erschweren.

Quelle: OECD (2017^[7]), *Making Innovation Benefit All: Policies for Inclusive Growth*, <https://www.oecd.org/innovation/inno/making-innovation-benefit-all.pdf>.

16.2. Beteiligung an Innovationen

16.2.1. Teilhabe am WTI-System: Genderspezifische und andere Herausforderungen

Trotz seiner Stärken existieren im deutschen WTI-System schon länger gewisse Herausforderungen auf dem Gebiet der Teilhabe. In diesen Kontext sind die Verteilungseffekte der ökologischen und digitalen Transformation eingebettet. Eines der besten Beispiele für diese Herausforderungen ist die Tatsache, dass sowohl die Beteiligung am deutschen Innovationssystem als auch sein Nutzen zwischen den Geschlechtern ungleich verteilt sind. Wie im Abschnitt „Gesamtbeurteilung und Empfehlungen“ dieses Berichts und im OECD-Wirtschaftsbericht Deutschland 2020 dargelegt, haben die langsamen Fortschritte auf dem Weg zu einer höheren Beteiligung von Frauen an Innovationen und innovativem Unternehmertum wahrscheinlich die gleichen Gründe wie die vergleichsweise niedrige Vollzeitquote unter Frauen: Insbesondere die hohe Besteuerung von Zweitverdiener*innen sowie das unzureichende Angebot an Ganztagskinderbetreuung und Ganztagschulen machen sich hier bemerkbar (Yashiro und Lehmann, 2018^[8]).

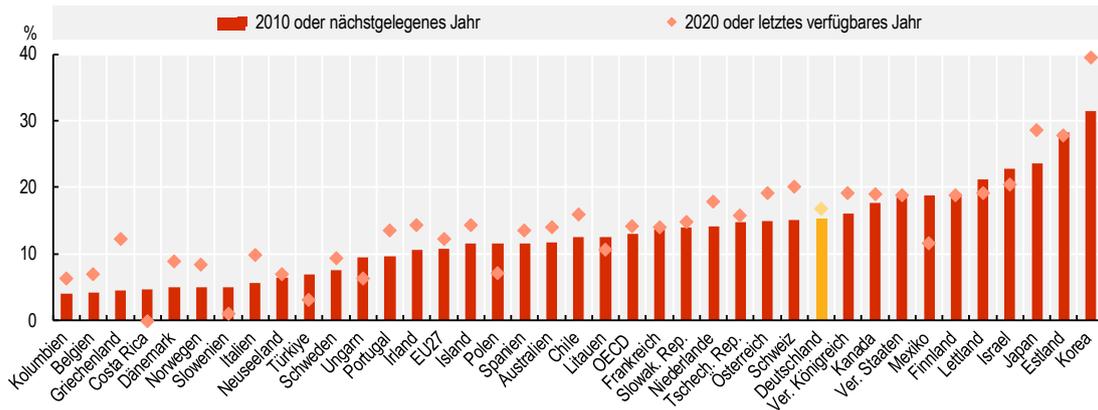
Politikanstrengungen für einen höheren Frauenanteil in Wissenschaft, Technologie und Innovation müssen allgemeine sozioökonomische Herausforderungen berücksichtigen, denen sich Frauen auf dem Gebiet der Teilhabe gegenübersehen. Zum Beispiel hat sich das unbereinigte Verdienstgefälle zwischen Männern und Frauen in Höhe von 20 % seit zehn Jahren kaum verändert (Teil A, Abbildung 16.2). Eine Aufschlüsselung nach Alter zeigt, dass sich der Gehaltsabstand vergrößert, wenn Frauen die Lebensphase erreichen, in der sie mit großer Wahrscheinlichkeit Kinder haben (Teil B, Abbildung 16.2). Für diese anhaltende Lohnlücke gibt es mehrere Gründe, z. B. der hohe Anteil teilzeitbeschäftigter Frauen, aber auch die sektorale Segregation (die etwa 30 % des Verdienstgefälles erklärt), da Frauen in Niedriglohnbranchen bzw. -tätigkeiten überrepräsentiert sind (OECD, 2020^[9]). Die hohe Teilzeitquote steht auch mit der Kinderbetreuung in Zusammenhang: Unter Frauen mit Kindern unter 7 Jahren ist sie besonders hoch. Wie in den folgenden Abschnitten erläutert, dürfte dies die Berufslaufbahn vieler Frauen in Sektoren, in denen sie bereits mit strukturellen Herausforderungen konfrontiert sind (Teil C, Abbildung 16.2), zusätzlich beeinträchtigen.

Die Unterrepräsentation von Frauen bei Innovationsaktivitäten ist z. T. auch darauf zurückzuführen, dass ein großer Anteil der FuE-Aufwendungen des Unternehmenssektors auf Wirtschaftsbranchen entfällt, die – auch aufgrund des Geschlechtergefälles in MINT-Studiengängen – traditionell männlich dominiert sind. In den MINT-Fächern waren auch 2018 noch zwei von drei Hochschulabsolvent*innen Männer, womit sich auch das Ungleichgewicht in Schlüsselsektoren weiter verfestigt. Angesichts der steigenden Bedeutung digitaler und datenbasierter Innovationen ist es unerlässlich, die Teilhabe der Frauen an den MINT-Fächern und an den Fähigkeiten und Kompetenzen künftiger Innovationsträger*innen zu verbessern (OECD, 2020^[9]).

Abbildung 16.2. Teilhabe und die deutsche Wirtschaft: Genderspezifische Herausforderungen

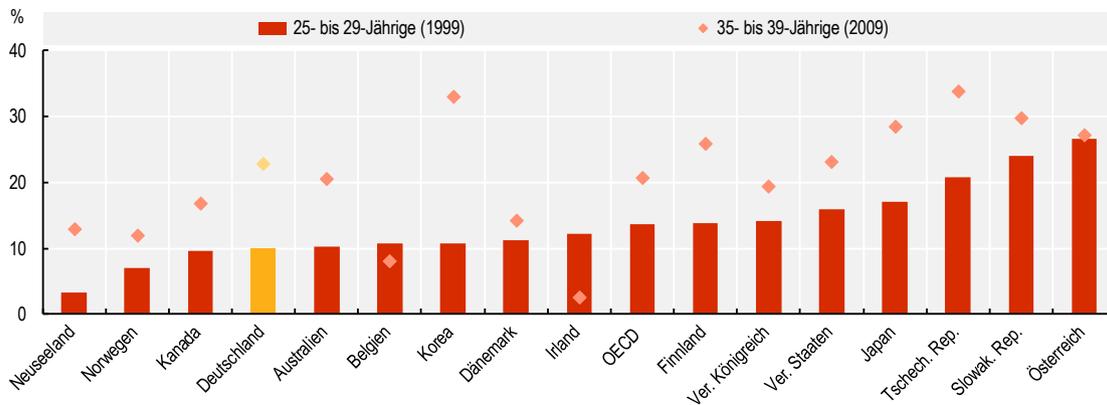
A. Verdienstgefälle zwischen Männern und Frauen, Medianlöhne

Vollzeitbeschäftigte, 2020 oder letzte verfügbare Daten



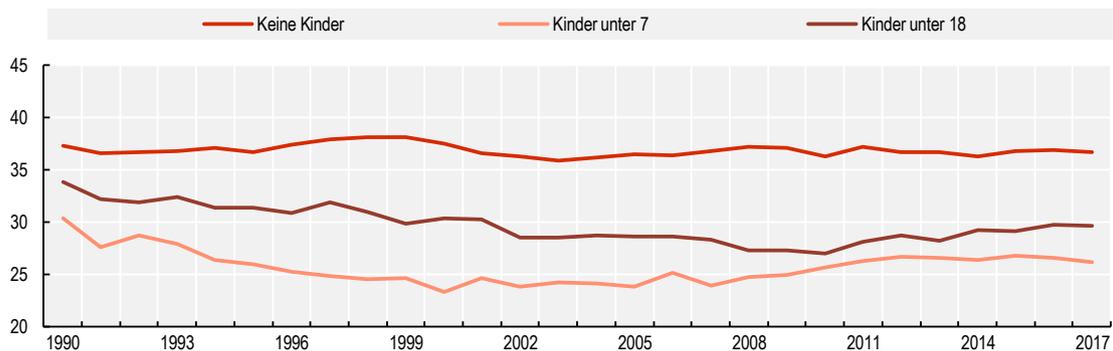
B. Verdienstgefälle zwischen Männern und Frauen nach Altersgruppe

Durchschnittslöhne, Kohorte der Geburtsjahrgänge 1970–1974



C. Wochenarbeitsstunden erwerbstätiger Frauen in Deutschland

25- bis 54-Jährige



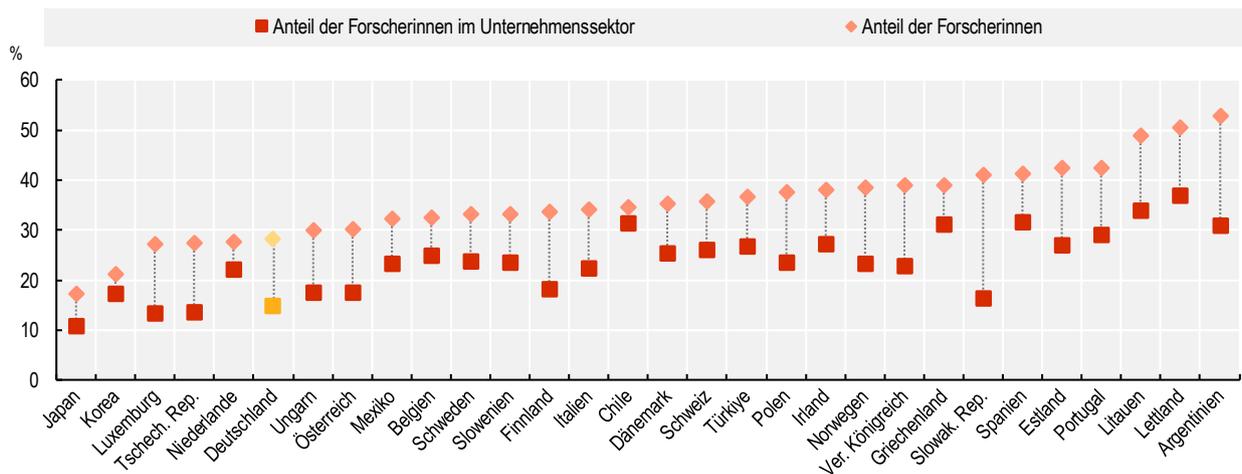
Anmerkung: Teil A: Das Verdienstgefälle zwischen Männern und Frauen ist definiert als die Differenz zwischen dem Verdienst von Männern und Frauen, geteilt durch den Verdienst von Männern. Als Vollzeitbeschäftigte gelten Arbeitskräfte mit einer regulären Wochenarbeitszeit von mindestens 30 Stunden. Teil B: Für Dänemark, Korea, Norwegen und die Slowakische Republik beziehen sich die Daten für 25- bis 29-Jährige auf 1998 (anstatt 1999), für Irland auf 1997. Für Australien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Korea, Norwegen, Österreich und die Slowakische Republik beziehen sich die Daten für 35- bis 39-Jährige auf 2008 (anstatt 2009), für Belgien, Irland und die Tschechische Republik auf 2007. Für Österreich bezieht sich die Altersgruppe 25–29 Jahre auf 20- bis 29-Jährige und die Altersgruppe 35–39 Jahre auf 30- bis 39-Jährige. Quelle: OECD (o. J._[10]), „Gender wage gap“, Indikator, <https://doi.org/10.1787/7cee77aa-en> (Abruf: 6. April 2022); OECD (2013_[11]), *Gleichstellung der Geschlechter: Zeit zu handeln*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264179370-en>; OECD (2020_[9]), *OECD-Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/91973c69-en>, basierend auf OECD-Berechnungen auf der Grundlage von SOEP v34.

Genderspezifische Teilhabelücken in der Forschungsbasis

Die mangelnde Beteiligung von Frauen am WTI-System beginnt damit, dass die Forschungsbasis auf die MINT-Fächer ausgerichtet ist, und damit auf diejenigen Fachgebiete, auf die sich die führenden innovativen Wirtschaftszweige des Landes stützen. Der erhebliche Beitrag einiger weniger Wirtschaftszweige zum Innovationsgeschehen und die Tatsache, dass sie von den traditionell von Männern dominierten MINT-Fächern getragen werden, bilden ein strukturelles Hindernis für die Beteiligung und berufliche Weiterentwicklung von Frauen im Innovationsbereich. 2018 kamen in den MINT-Fächern auf 1 000 Einwohner*innen 11,8 Hochschulabsolventinnen und 27,8 männliche Studienabgänger (OECD, 2021_[12]).

Angesichts dieser Unterrepräsentation von Frauen in den MINT-Fächern überrascht es nicht, dass in den führenden innovativen Sektoren eine ähnliche Situation herrscht. Bezeichnend ist, dass in der deutschen Forschungsbasis 28 % der Vollzeitstellen von Forscherinnen besetzt sind, im Unternehmenssektor jedoch nur 15 % (Abbildung 16.3). Unter den großen Industrieländern der OECD haben nur Korea und Japan – zwei Länder mit einem vergleichbaren Innovationsschwerpunkt im MINT-Bereich – einen geringeren Frauenanteil als Deutschland.

Abbildung 16.3. Frauen sind in der deutschen Forschungs-Community unterrepräsentiert (2019 oder letztes verfügbares Jahr)



Anmerkung: Auf Basis der Kopfzahl, die Daten für Japan, Korea, Mexiko, Portugal, die Slowakische Republik und Türkiye beziehen sich auf das Jahr 2020.

Quelle: OECD (o. J._[13]), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, <https://doi.org/10.1787/data-00182-en> (Abruf: 6. April 2022).

Der Output des Innovationssystems ist bezeichnend für die Genderlücke und die dem Land potenziell entgangenen Beiträge zum Innovationsprozess. So stammt beispielsweise weniger als jede zehnte deutsche Patentanmeldung gemäß PCT (Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens), die 2020 veröffentlicht wurde, von einer Erfinderin. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass Erfinderrinnen in einigen innovativen Schlüsselsektoren Deutschlands nach wie vor unterrepräsentiert sind, z. B. im Verkehrswesen (weltweit wurden 2020 9,1 % der PCT-Patentanmeldungen von Frauen eingereicht), in der chemischen Verfahrenstechnik (15,1 %) und im Elektromaschinenbau (11,7 %) (WIPO, 2021_[14]).

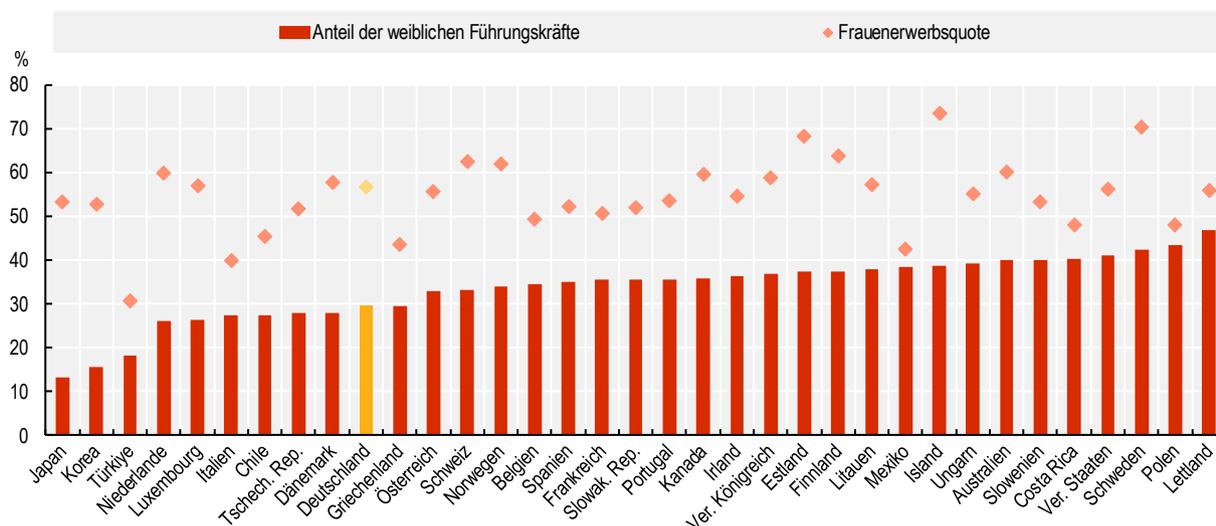
Frauen in Führungspositionen in WTI

Sowohl in etablierten Sektoren als auch in der Gründerszene sind die weiblichen Führungskräfte nach wie vor in der Minderheit. Dies hat nicht nur Auswirkungen auf die Teilhabe, sondern könnte auch die künftige

Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft beeinträchtigen. 2018 waren nur 29 % der Frauen in einer Führungsposition tätig, obwohl sie 46 % der Erwerbsbevölkerung ausmachten (Abbildung 16.4). Der geringe Frauenanteil im Management ist bei Start-ups sogar noch stärker ausgeprägt: Laut jüngsten OECD-Daten wurden 2015 nur 13 % der Technologie-Start-ups in Deutschland von Frauen geführt (OECD, 2020^[9]).

Abbildung 16.4. Frauen sind in Führungspositionen unterrepräsentiert

Frauenanteil in Führungspositionen und Frauenanteil in der Erwerbsbevölkerung, alle Altersgruppen, in Prozent, 2020 oder letztes verfügbares Jahr



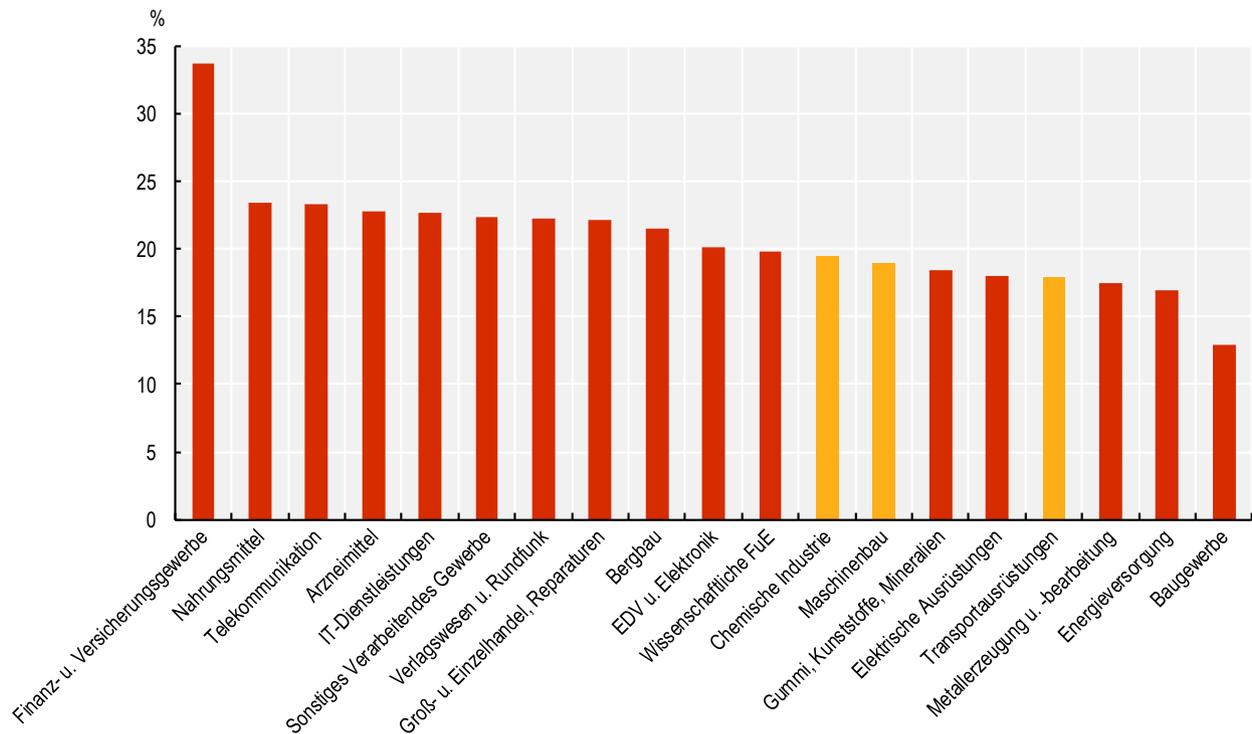
Anmerkung: Für Deutschland und das Vereinigte Königreich beziehen sich die Daten auf 2019.

Quelle: OECD (o. J.^[15]), *Gender employment database*, Datenbank, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GENDER_EMP basierend auf ILO (2021), SDG-Indikator 5.5.2 – Frauenanteil in Führungspositionen (%) – über <https://ilostat.ilo.org/data> (Abruf: 1. Juni 2022).

Die unausgewogene sektorale Verteilung der Innovationstätigkeit in Deutschland wirkt wahrscheinlich auch als strukturelles Hindernis für die Teilhabe von Frauen in den Führungsebenen des WTI-Systems. In der Chemieindustrie sowie im Maschinen- und Kraftfahrzeugbau ist der Anteil der weiblichen Führungskräfte besonders niedrig. Der durchschnittliche Frauenanteil in den Leitungsgremien der weltgrößten FuE-Investoren in diesen Sektoren betrug 19,5 % (Chemieindustrie), 18,9 % (Maschinenbau) und 17,9 % (Kraftfahrzeugbau) (Abbildung 16.5.). Diese Zahlen zeigen auch, dass es sich nicht zwangsläufig um ein landesspezifisches Ungleichgewicht handelt, sondern eher um eine strukturelle Herausforderung auf internationaler Ebene, die nationale Auswirkungen hat.

Abbildung 16.5. Führungspositionen und Gender in Unternehmen mit den höchsten FuE-Investitionen weltweit, nach Sektor (2018)

Durchschnittlicher Frauenanteil in den Leitungsgremien, ISIC Rev. 4



Anmerkung: Die Daten beziehen sich auf Sektoren mit mindestens 20 Unternehmenszentralen unter den führenden 2 000 FuE-Unternehmen.
Quelle: Amoroso et al. (2021^[16]), *World Corporate Top R&D Investors: Paving the way for climate neutrality*, <http://dx.doi.org/10.2760/49552>.

Neben genderspezifischen Hürden gibt es auch sozioökonomische Hindernisse für die Innovationsbeteiligung, die sich ebenfalls auf die Teilhabe der Gesellschaft auswirken. Die Teilhabe von Migrant*innen spielt eine wichtige Rolle, nicht nur, um demografisch bedingten Belastungen und der damit verbundenen Arbeitskräfteknappheit entgegenzuwirken, sondern auch, um die Innovationskapazitäten und das Wissenskapital zu verbessern. In Deutschland sind Migrant*innen mit einem ausländischen Abschluss mindestens dreimal so häufig für ihre jeweilige Tätigkeit überqualifiziert wie im Inland Geborene, selbst wenn sie vergleichbare Lesekompetenzen besitzen – das Gefälle ist stärker als in anderen OECD-Ländern (OECD, 2020^[9]). Im Hinblick auf unternehmerische Aktivitäten machen Personen mit Migrationshintergrund 21,6 % aller für den aktuellen Deutschen Startup Monitor befragten Gründer*innen aus – das sind rund 3 Prozentpunkte weniger als der Anteil der Personen mit Migrationshintergrund an der Gesamtbevölkerung (Kollmann et al., 2021^[17]). Zurückzuführen sind derartige Verluste an Innovationspotenzial auf sozioökonomische Faktoren, z. B. die geringe soziale Mobilität (Chetty et al., 2018^[18]), die in Deutschland deutlich unter dem OECD-Durchschnitt liegt (OECD, 2018^[19]). In diesem Zusammenhang wurde von „verlorenen Einsteins“ gesprochen, weil die meisten erfolgreichen Wissenschaftler*innen, Unternehmer*innen und Innovationsträger*innen aus höheren Einkommensgruppen kommen, denen sich mehr Chancen bieten als benachteiligten Gruppen. (Bell et al., 2018^[20])

Inwieweit Menschen unternehmerische und innovative Aktivitäten offenstehen, hängt auch vom Alter ab: Deutschland gehört zu den europäischen Ländern, in denen der Anteil der 20- bis 29-Jährigen, die nach eigenen Angaben die Kenntnisse und Kompetenzen für eine Unternehmensgründung besitzen, im Vergleich zur gesamten Erwachsenenbevölkerung am geringsten ist (OECD/Europäische Kommission, 2020^[21]). Auch der Anteil der jungen Menschen, die Unternehmer*innen sind und Löhne zahlen (rund 3 %),

liegt im europäischen Vergleich am unteren Ende und übersteigt nicht das insgesamt geringe Niveau der Unternehmensdynamik in Deutschland (OECD/Europäische Kommission, 2020^[21]). Der Ausschluss von Innovationsaktivitäten ist häufig auf den begrenzten Zugang zu hochwertiger Bildung zurückzuführen (insbesondere in wichtigen Bereichen wie den MINT-Fächern). Die Covid-19-Pandemie und die damit verbundenen Schulschließungen haben dieses Problem noch verschärft (OECD, 2020^[22]).

16.2.2. Innovationsbeteiligung: Open Science und Innovation in Deutschland

Open Science und offene Innovationsprogramme sind wichtige Instrumente, um die Teilhabe der Gesellschaft am Innovationsgeschehen zu verbessern und Politikmaßnahmen zur Innovationsförderung wirksamer zu gestalten. Bis zu einem gewissen Grad geht es dabei um die in Abschnitt 2.4 erwähnte partizipative Entscheidungsfindung, allerdings liegt der Schwerpunkt hier auf ähnlichen Ansätzen im Rahmen des eigentlichen Innovationsprozesses. Beispiele für die Teilhabe der Zivilgesellschaft an Innovationsprozessen, wie z. B. BrusSEau, finden sich in (Kreiling und Paunov, 2021^[3]) und wurden weiter oben erörtert.

Offene Wissenschaft kann diese Zusammenarbeit maßgeblich unterstützen, da sie einige der territorialen und wirtschaftlichen Hindernisse für die Innovationsbeteiligung abbauen kann, die der Teilhabe der Gesellschaft im Wege stehen. Beispielsweise können Open Science und offene Innovationsansätze KMU helfen, sich gemeinsam mit anderen Unternehmen und Forschungsakteuren an Innovationsaktivitäten in neuen Bereichen zu beteiligen, was über herkömmliche Wege des Wissens- und Technologietransfers u. U. nicht möglich ist. Eine ähnliche Dynamik entsteht auf sektoraler Ebene: Wirtschaftszweige, die traditionell nicht an Innovationsaktivitäten beteiligt sind, können mit innovativen Branchen zusammenarbeiten und so den Austausch von Wissen und Technologie zwischen den Sektoren voranbringen.

16.3. Einstellung der Öffentlichkeit zu Wissenschaft, Technologie und Innovation

Die Covid-19-Pandemie bescherte dem WTI-System ein beispielloses Maß an öffentlicher Aufmerksamkeit. Dabei wurde es nicht nur besonders kritisch beleuchtet, sondern auch mit großen Hoffnungen verknüpft. Die weltweite Gesundheitskrise hat in vielerlei Hinsicht ein Schlaglicht auf die Erwartungen geworfen, die in den kommenden Jahren an den Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation gestellt werden könnten. Innovationen werden eine immer größere Rolle spielen, um verschiedene Herausforderungen, die sich auf den Alltag der Bürger*innen und Unternehmen auswirken, zu meistern – von der demografischen Belastung aufgrund der Bevölkerungsalterung über die Dekarbonisierung der Wirtschaft bis hin zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels. Für die soziale und politische Tragfähigkeit der Entscheidungen, die die Länder zur Bewältigung dieser komplexen transformativen Herausforderungen treffen werden, ist es daher unerlässlich, dass die wissenschafts-, technologie- und innovationspolitischen Maßnahmen und die Innovationen von der Gesellschaft getragen werden. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit der ökologischen und der digitalen Transformation, die für die Gesellschaft unausgewogene Verteilungseffekte haben dürften. Wenn Politikverantwortliche beispielsweise die Dekarbonisierung der Wirtschaft anvisieren, ist es für die gesellschaftliche Akzeptanz der gefällten Entscheidungen von zentraler Bedeutung, dass sie die von diesem Prozess betroffenen Personen oder Bevölkerungsgruppen in die Entscheidungsfindung einbeziehen und die damit verbundenen Folgen und Chancen mit ihnen erörtern.

Ermutigend ist, dass sich die deutsche Öffentlichkeit in der Mehrheit für staatliche Investitionen in wissenschaftliche Forschung und Innovation ausspricht: Rund 77 % der Deutschen, die an einer Umfrage des Pew Research Center im Jahr 2020 teilnahmen, hielten solche Investitionen für einen sinnvollen Einsatz öffentlicher Gelder (Pew Research Center, 2020^[23]). Darüber hinaus hält es eine deutliche Mehrheit (88 %) für wichtig, dass Deutschland bei wissenschaftlichen Leistungen eine weltweit führende Stellung einnimmt (54 % halten dies für sehr wichtig, 34 % für eher wichtig). Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Umfrage von

Wissenschaft im Dialog, der deutschen Organisation für Wissenschaftskommunikation und gesellschaftliches Engagement. Sie ergab, dass 62 % der Befragten der Wissenschaft und Forschung vertrauen; dabei wurde vor allem auf die fachliche Kompetenz und die Integrität der Wissenschaftler*innen verwiesen (*Wissenschaft im Dialog*, 2020^[24]). Bemerkenswert ist, dass dieser Wert vor der Pandemie bei 52 % lag, die Gesundheitskrise die gesellschaftlichen Einstellungen gegenüber dem WTI-System also möglicherweise beeinflusst hat. Diese Einstellungen sind wichtig, da sich aus ihnen eine Legitimation (oder Ablehnung) des Ansatzes ableiten lässt, mit dem Bund und Länder die internationale Führungsrolle des WTI-Systems unterstützen.

Dessen ungeachtet deuten Befragungsergebnisse auch darauf hin, dass sich die Einstellungen gegenüber der „Wissenschaft“ je nach Bereich unterscheiden. So finden beispielsweise 43 % der Erwachsenen in Deutschland, dass der Einsatz von Robotern und die Entwicklung von KI schlecht für die Gesellschaft sind, und 48 % der Erwachsenen halten die Verwendung von gentechnisch veränderten Lebensmitteln für nicht sicher (Pew Research Center, 2020^[23]). Hier bieten partizipative Entscheidungsfindung und inklusive WTI-Politik die Chance, bestimmte Vorbehalte auszuräumen. Damit soll nicht gesagt werden, dass Vorbehalte gegenüber bestimmten Innovationen unbegründet sind, sondern es geht darum anzuerkennen, dass innovative Fortschritte nicht immer automatisch von der Gesellschaft akzeptiert werden. Die Einbeziehung eines breiteren Spektrums an Stimmen in den politischen Entscheidungsprozess kann gewährleisten, dass die Politikverantwortlichen nicht nur auf begründete Vorbehalte eingehen, sondern auch die gesellschaftlichen Einstellungen berücksichtigen und aus ihnen lernen.

Die gesellschaftliche Akzeptanz von WTI wird für den Erfolg der ökologischen Transformation von großer Bedeutung sein. Die Politik muss daher sicherstellen, dass die große Mehrheit der Gesellschaft an einem Strang zieht. Kurz- und mittelfristig werden auf einige sozioökonomische Gruppen wahrscheinlich Kosten zukommen, auch wenn die damit angestoßenen Veränderungen (z. B. geringere Treibhausgasemissionen und Feinstaubbelastung, Produktivitätssteigerungen durch Technologieverbreitung) die Lebensqualität insgesamt verbessern. So wird die Energiewende die Schließung der verbleibenden deutschen Kohlebergwerke mit sich bringen, während die Fortschritte der Digitalisierung und Automatisierung im Verarbeitenden Gewerbe zu einer weiteren Verdrängung von Arbeitskräften führen können. Wenn Politik als legitim und zukunftssicher gelten soll, muss die Zivilgesellschaft bei der Gestaltung und Umsetzung von Politikmaßnahmen ein Mitspracherecht haben und in Diskussionen über Kosten und Nutzen von Entscheidungen einbezogen werden.

16.4. Beteiligung an wissenschafts-, technologie- und innovationspolitischen Prozessen

Eine stärkere Teilhabe und Beteiligung der Gesellschaft an der Gestaltung der WTI-Politik bietet eine Reihe von Vorteilen. Die Qualität der politischen Konzepte und Maßnahmen würde sich verbessern, da die Erfahrungen und Erkenntnisse der von diesen Prozessen Betroffenen einfließen würden. Das erhöht auch die gesellschaftliche Akzeptanz und Legitimität, da die Menschen nicht vor vollendete Tatsachen gestellt werden, sondern wissen, dass bei Entscheidungen die Erwartungen und Bedenken der Beteiligten einbezogen wurden.

In Deutschland gibt es bereits mehrere partizipative Verfahren zur Politikgestaltung. In den kommenden Jahren wird die Herausforderung darin bestehen, diese Anstrengungen auszuweiten und zu gewährleisten, dass sie die Gesellschaft beim Umgang mit der ökologischen und der digitalen Transformation unterstützen. Gleichzeitig müssen die Politikmaßnahmen zur Umsetzung dieser Transformationen mehr Wirkung entfalten. Das beste Beispiel für deutsche Erfahrungen mit partizipativer Politikgestaltung ist die Bürgerrat-Initiative. In Bürgerräten kommen zufällig ausgewählte Teilnehmer*innen zusammen, um eine Vielzahl unterschiedlicher Politikbereiche, von der Demokratieförderung bis zur Wissenschaft, zu erörtern. Das Format entspricht in etwa dem der Fokusgruppen. Ziel dieser Versammlungen ist es, die Vielfalt der

Stimmen zu erhöhen, die im politischen Entscheidungsprozess Gehör finden. Im Anschluss an die Beratungen erarbeitet der Bürgerrat unverbindliche Empfehlungen, die über Volksabstimmungen mit den verbindlichen Verfahren der direkten Demokratie verknüpft werden können.

In einem dieser Bürgerräte ging es um das Thema Wissenschaft und Forschung. Er sollte dazu dienen, Empfehlungen zu formulieren, wie die Partizipation der Gesellschaft an Wissenschaft verbessert statt nur gesteigert werden kann, wie die Gesellschaft wissenschaftliche Prozesse beeinflussen kann und welche Maßnahmen sich für die Förderung der Bürgerbeteiligung eignen. Zwischen November 2021 und März 2022, d. h. in einem Zeitraum, in dem sich die Gesellschaft aufgrund der Covid-19-Pandemie und der Rolle der WTI-Gemeinschaft bei der Bewältigung der Krise verstärkt für Wissenschaft interessiert hat, kam der Bürgerrat zu sieben Sitzungen zusammen.

Auch mit Bottom-up-Konzepten und offenen Ansätzen der partizipativen Politikgestaltung hat Deutschland Erfahrung. Im Rahmen der Innovationsstrategie der Freien und Hansestadt Hamburg bildeten Teilhabe und Konsultation einen Schwerpunkt der WTI-Politikgestaltung durch die lokalen Behörden (BWI, 2021^[25]). Von Beginn an wurden über 300 Personen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Forschung, Bildung, Kultur und Gesellschaft in die Strategieentwicklung einbezogen und konsultiert. Auf diese Weise konnte ein breites Spektrum an Akteur*innen Stellung nehmen und gemeinsam Prioritäten, Ziele und Initiativen festlegen.

16.5. Teilhabe der Regionen und Wirtschaft an Wissenschaft, Technologie und Innovation

16.5.1. Teilhabe der Regionen

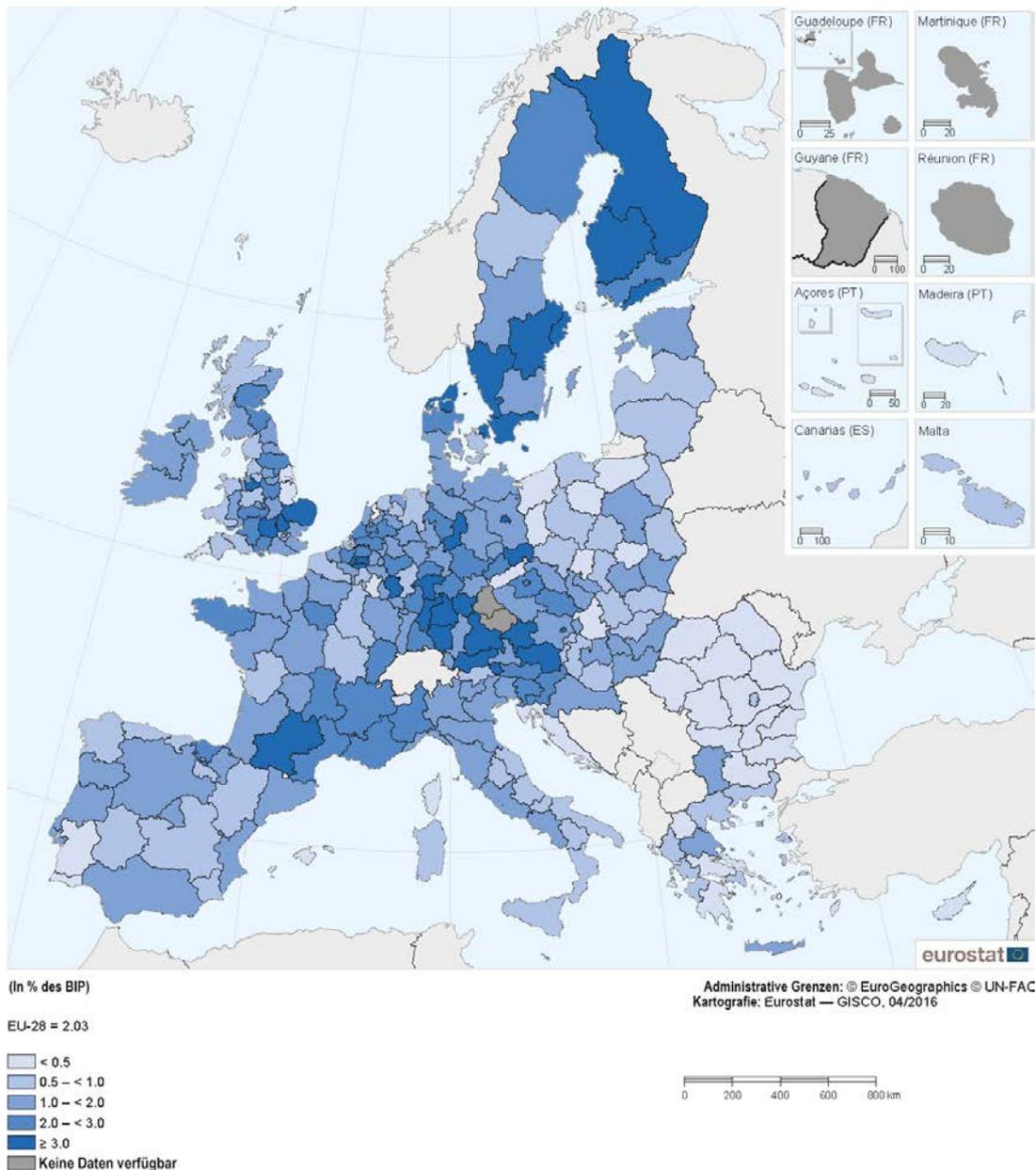
In Deutschland konzentrieren sich die Innovationsausgaben besonders auf die südlichen Bundesländer, in denen tendenziell auch die führenden Wirtschaftszweige (z. B. die Automobilindustrie und der Maschinenbau) angesiedelt sind (Abbildung 16.6). Die vergleichsweise hohen Bevölkerungszahlen im Süden verbessern auch die Chance, dass der Innovationsoutput dieser Sektoren dem lokalen sozioökonomischen Wohlstand zugutekommt. Die Herausforderung ist größtenteils intraregionaler Art: Es geht vor allem darum, die strukturschwachen Regionen zu fördern, damit sie mehr zum inklusiven Wachstum beitragen können. Dabei sollte aber vermieden werden, die dynamischeren Regionen des Landes zu schwächen.

Die unausgewogene Verteilung der F&I macht deutlich, dass wirtschaftliche Pfadabhängigkeiten und ihre Auswirkungen auf die Allokation öffentlicher Forschungsmittel eine Herausforderung darstellen und regionale Ungleichgewichte überwunden werden müssen. So veranschaulicht die Ansiedlung vieler der größten deutschen Automobilhersteller in den leistungsstärksten Bundesländern – je 8,2 % der Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt stammten zuletzt aus München und Stuttgart, 4,2 % aus Frankfurt und 3,9 % aus Düsseldorf – die Bedeutung bestimmter Wirtschaftszweige für den Innovationserfolg ihrer Standortregionen. Darüber hinaus verdeutlicht sie den engen Zusammenhang zwischen dem Innovationsoutput und dem Wirtschaftsstandort. Konkret bedeutet die Konzentration bestimmter hochproduktiver Wirtschaftszweige in einer relativ kleinen Zahl von Regionen, dass auch die Innovationsgewinne landesweit nicht gleichmäßig verteilt sind.

In Deutschland korreliert der regionale Innovationsoutput stark mit der hohen geografischen Streuung der innovativsten Branchen, die dennoch deutlich geringer ist als in anderen OECD-Ländern. Was die Patentanmeldungen betrifft, ist die geografische Konzentration unter den besten 10 %, 5 % und 1 % der Städte allerdings in der Tat niedriger als in wichtigen Vergleichsländern wie Japan, den Vereinigten Staaten, dem Vereinigten Königreich und Frankreich (Paunov et al., 2019^[26]).

Die Gewinne und Verluste, die sich bei der Transformation bestehender und beim Aufkommen neuer innovativer Wirtschaftszweige ergeben, spiegeln möglicherweise die vorhandenen territorialen Unausgewogenheiten der Innovationsbeteiligung wider und haben auch Auswirkungen auf die zukünftige Teilhabe der Regionen. Dementsprechend besteht ein Zusammenhang der hier erörterten Fragen mit der ungleichen regionalen Verteilung von Infrastrukturinvestitionen, die eine angemessene Teilhabe an der digitalen Transformation erlauben. Würden diese Investitionen beschleunigt, hätten Unternehmen und Unternehmer*innen mehr Möglichkeiten, sich an Innovationsaktivitäten zu beteiligen.

Abbildung 16.6. Die deutschen Bruttoinlandsausgaben für Forschung und Entwicklung (BAFE) konzentrieren sich auf die südlichen Bundesländer



Anmerkung: Daten von 2013 für Belgien, Deutschland, Irland, Griechenland, Frankreich, Österreich, Finnland, Schweden und Norwegen; die Daten für Niederbayern und die Oberpfalz in Deutschland sind vertraulich; die Daten für Italien und das Vereinigte Königreich sind Schätzungen; Bruch in der Zeitreihe in 2013 für Österreich.

Quelle: Europäische Kommission (2020_[27]).

Der Anteil der fünf bevölkerungsreichsten deutschen Bundesländer (Nordrhein-Westfalen, Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Hessen) an den BAFA lag 2017 bei 78 %, was vor allem mit den Standorten der Automobilbranche in diesen Bundesländern und des Zulieferernetzes zusammenhängt.

16.5.2. Teilhabe der Wirtschaft: Die Verteilungseffekte der digitalen und der ökologischen Transformation

Die Durchsetzung von Technologien wie künstlicher Intelligenz (KI) und Robotertechnik wird vermutlich erhebliche Auswirkungen auf die Verdrängung von Arbeitskräften in bestehenden Wirtschaftszweigen haben und es bestimmten KMU möglicherweise erschweren, sich neue Geschäftsfelder zu erschließen, sofern sie ihre Kapazitäten nicht deutlich ausbauen. Eine Studie des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales aus dem Jahr 2021 kam zu dem Ergebnis, dass in den nächsten 20 Jahren (d. h. bis zum Jahr 2040) in Deutschland zwar rd. 3,6 Millionen Arbeitsplätze neu entstehen, aber auch etwa 5,3 Millionen Arbeitsplätze verschwinden werden (BMAS, 2021^[28]). Obwohl diese Ergebnisse ganz verschiedene Faktoren und nicht nur die digitale Transformation berücksichtigen, stehen sie im Einklang mit den Beobachtungen der OECD zu den Auswirkungen technologischer Veränderungen auf den Arbeitsmarkt. Neben der Verdrängung von Arbeitskräften durch Digitalisierung und Automatisierung werden sich bestimmte Herausforderungen auf dem deutschen Arbeitsmarkt vermutlich auch durch die ökologische Transformation und die Bevölkerungsalterung verschärfen. Eine Analyse der Situation in den OECD-Ländern aus dem Jahr 2018 ergab, dass Schätzungen zufolge bis zu 18 % der Arbeitsplätze in Deutschland durch Automatisierung bedroht sind und bei weiteren 36 % erhebliche Verwerfungen zu befürchten sind. Dies ist einer der höchsten Werte im OECD-Raum (Nedelkoska und Quintini, 2018^[29]).

Durch die digitale Transformation und die Einbindung modernster Technologien (wie der Robotertechnik im Verarbeitenden Gewerbe) wird sich die Effizienz vieler privater Unternehmen verbessern. Diese Veränderungen werden auch Arbeitsplätze kosten, gleichen dies allerdings möglicherweise dadurch aus, dass sie gleichzeitig neue Jobs entstehen lassen und die Produktivität steigern (Aghion et al., 2020^[30]). Allerdings weist der Arbeitsmarkt Unvollkommenheiten auf, die seine Anpassung an die Automatisierung verlangsamen sowie die Verbreitung von Produktivitätssteigerungen und den Beschäftigungsaufbau abschwächen können. Andere Probleme können diese Herausforderungen verschärfen: Möglicherweise fehlt es an den Kompetenzen für die Nutzung der neuen Technologien oder der Arbeitsmarkt kann mit dem Tempo von Digitalisierung und Automatisierung nicht Schritt halten. Außerdem besteht die Gefahr, dass die Modernisierung auf Kosten anderer produktivitätssteigernder Technologien geht, z. B. aufgrund von steuerrechtlichen Verzerrungen, die Investitionen in Sachkapital gegenüber Humankapital begünstigen (Acemoglu und Restrepo, 2018^[31]). Hier geht es nicht darum, sich gegen die Verbreitung der neuen Technologien auszusprechen, sondern es soll darauf hingewiesen werden, dass ihre Einführung sozio-ökonomische Kosten nach sich ziehen kann. Sozial- und anpassungspolitische Ansätze sollten die wissenschafts-, technologie- und innovationspolitischen Maßnahmen deshalb ergänzen und sowohl die Arbeitskräfte als auch die Unternehmen während dieser Transformationen unterstützen.

Der „Winner-takes-all“-Aspekt bestimmter digitaler Innovationen kann auch die soziale Ausgrenzung vom technologischen Fortschritt verstärken. Zudem können bestimmte Gruppen überproportional ausgeschlossen und Unternehmen unterschiedlicher Größe in ihren Möglichkeiten beschränkt werden, wenn ihnen die nötigen Kompetenzen fehlen, um in der digitalen Wirtschaft erfolgreich zu sein. Gerade digitale Innovationen weisen mehrere Merkmale auf, die sowohl die Chancen als auch die Herausforderungen für die Einbeziehung aller erhöhen. Erstens zeichnen sie sich dadurch aus, dass für ihre Daten als eine ihrer wichtigsten Ressourcen die Regel der „digitalen Nichtrivalität“ gilt: Daten können gleichzeitig von mehreren Nutzer*innen verwendet werden und zu sehr geringen Grenzkosten zirkulieren. Dies macht Innovationen zumindest in der Theorie ortsunabhängig – jede Person kann sich überall an ihnen beteiligen (Guellec und Paunov, 2018^[32]). Die Wirklichkeit ist jedoch komplexer. Die für die Beteiligung an digitalen Innovationen erforderlichen Kompetenzen (z. B. Programmieren) unterscheiden sich von denen, die im deutschen Bildungssystem besonders gefördert werden. Das bedeutet, dass der Kreis der Personen, die an digitalen

Innovationen partizipieren können, kleiner ist als bei anderen Formen wirtschaftlicher Innovationen. Die Komplexität dieser Dynamik steigt zusätzlich durch den „Winner-takes-all“-Aspekt digitaler Innovationen (der teilweise auf die geringeren Kosten aufgrund von Skalenvorteilen und die daraus resultierenden rentenökonomischen Modelle zurückzuführen ist, die digitale Innovationen hervorbringen können). Die Vorteile des Datenpoolings kommen möglicherweise großen Marktteilnehmern zugute, während für kleinere Unternehmen wenig übrigbleibt. Zugleich bieten in kleinerem Maßstab durchgeführte digitale Innovationsaktivitäten u. U. mehr Möglichkeiten. Zusammen haben diese Faktoren daher erhebliche Folgen für die Teilhabe der Gesellschaft an digitalen Innovationen. Um kritische Herausforderungen auf diesem Gebiet anzugehen, sollten diese Auswirkungen im Verlauf der Transformation bewertet und Anpassungen vorgenommen werden. Ferner bedeutet dies, dass Politikanstrengungen, die auf die Beteiligung mittelständischer Unternehmen und Start-ups an Innovationsprozessen abzielen, sich auch positiv auf die Teilhabe der Gesellschaft auswirken.

Auch die ökologische Transformation wird tiefgreifende Auswirkungen auf die aktuelle Branchenstruktur des Privatsektors in Deutschland haben, mit entsprechenden Folgen für die Entstehung und Verlagerung von Arbeitsplätzen. Die Herausforderungen sind mit denen der digitalen Transformation verwandt und z. T. auch verbunden. Wie im OECD-Wirtschaftsbericht Deutschland 2020 festgestellt wurde, sind Elektrofahrzeuge zwar einfacher herzustellen als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, doch viele ihrer wertvollsten Bauteile (wie Batterien und die zum autonomen Fahren erforderlichen Halbleiter) werden noch nicht in Deutschland produziert. Eine erfolgreiche ökologische Transformation – die den Ausbau der Elektromobilität implizieren würde – könnte daher dazu führen, dass in einer der innovativsten Branchen des Landes weniger Arbeitsplätze zur Verfügung stehen (OECD, 2020^[9]). Eine Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung aus dem Jahr 2018 kam zu dem Ergebnis, dass bis zu 114 000 Arbeitsplätze gefährdet wären und das Bruttoinlandsprodukt um 0,6 % zurückgehen könnte, wenn bis 2035 – das Jahr, in dem in der Europäischen Union das Verbot für den Verkauf neuer Benzin- und Dieselfahrzeuge in Kraft treten soll – der Anteil der Neuwagen mit Elektroantrieb auf 23 % steigt (Bruckmeier, Muhlhan und Wiemers, 2018^[33]).

Aufgrund der geografischen Konzentration des Bergbaus wird sich die Dekarbonisierung der Wirtschaft – und die damit verbundene Frage der Ökologisierung des Energiemixes Deutschlands – auf die Teilhabe der Regionen auswirken. Durch die ökologische Transformation ändern sich nicht nur die innovativen Vorreiterbranchen der deutschen Wirtschaft, denn sie stützen sich auf wichtige Netzindustrien wie den Energie- und den Verkehrssektor, die ebenfalls tiefgreifende Auswirkungen erwarten, bisweilen mit asymmetrischen sozioökonomischen Folgen. Ein prominentes Beispiel hierfür ist der Kohleausstieg. Die anhaltend hohe Kohleverstromung in Deutschland – der Hauptgrund dafür, dass das Land höhere Pro-Kopf-Emissionen hat als andere europäische OECD-Länder – ist ein großes Hindernis auf dem Weg zu den Nachhaltigkeitszielen der Bundesregierung. Der Abbau der zur Kohleverstromung verwendeten Braunkohle konzentriert sich allerdings auf einige der ärmsten Regionen des Landes, und der Ausstieg aus der Kohleförderung könnte bestehende Ungleichheiten in Bezug auf die Teilhabe der Regionen noch verstärken, wenn er nicht von sozial- und arbeitsmarktpolitischen Maßnahmen flankiert wird. Eine erfolgreiche Umstellung auf erneuerbare Energien – ein zentrales Politikziel der neuen Bundesregierung – und der Beitrag, den die WTI-Gemeinschaft dazu leistet, werden kurzfristig zu gesellschaftlichen Kosten führen. Fehlen geeignete Politikmaßnahmen, erwachsen daraus längerfristige Folgen.

Literaturverzeichnis

- Acemoglu, D. und P. Restrepo (2018), „Artificial Intelligence, Automation and Work“, *NBER Working Papers*, No. 24196, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.3386/w24196>. [31]
- Aghion, P. et al. (2020), „What Are the Labor and Product Market Effects of Automation? New Evidence from France“, *Sciences Po OFCE Working Paper*, No. 01/2020, Observatoire français des conjonctures économiques, Paris und Sciences Po, Paris, <https://hal-sciencespo.archives-ouvertes.fr/hal-03403062>. [30]
- Amoroso, S. et al. (2021), *World Corporate Top R&D Investors: Paving the way for climate neutrality*, gemeinsamer Bericht des JRC und der OECD, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, <http://dx.doi.org/10.2760/49552>. [16]
- Bell, A. et al. (2018), „Who becomes an inventor in America? The importance of exposure to innovation“, *CEP Discussion Paper*, No. 1519, Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science, <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1519.pdf>. [20]
- BMAS (2021), „Fachkräftemonitoring“, 25. November, BMAS, Berlin, <https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Fachkraeftesicherung-und-Integration/Fachkraeftemonitoring/fachkraeftemonitoring.html>. [28]
- Bruckmeier, K., J. Muhlhan und J. Wiemers (2018), *Erwerbstätige im unteren Einkommensbereich stärken: Ansätze zur Reform von Arbeitslosengeld II, Wohngeld und Kinderzuschlag*, IAB-Forschungsbericht, No. 9/2018, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nürnberg, <https://doku.iab.de/forschungsbericht/2018/fb0918.pdf>. [33]
- BWI (2021), *Regionale Innovationsstrategie der Freien und Hansestadt Hamburg*, Behörde für Wirtschaft und Innovation, Freie und Hansestadt Hamburg, <https://www.hamburg.de/contentblob/4612440/dd3aaef3125b923ec4ca65743f411b6f/data/regionale-innovationsstrategie-hamburg.pdf>. [25]
- Chetty, R. et al. (2018), „The Opportunity Atlas: Mapping the Childhood Roots of Social Mobility“, *NBER Working Paper*, No. 25147, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.3386/w25147>. [18]
- Crespin, D. (2020), *Case study from Belgium on BrusSEau - project on water management in Brussels. Contribution to the OECD TIP Co-creation Project*, OECD, Paris, <https://stip.oecd.org/assets/TKKT/CaseStudies/37.pdf>. [4]
- de Silva, M. et al. (2022), „Co-creation during COVID-19: 30 comparative international case studies“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 135, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/08f79edd-en>. [1]
- Europäische Kommission (2020), „The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard“, Europäische Kommission, Brüssel, <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2020-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>. [27]
- Guellec, D. und C. Paunov (2018), „Innovation policies in the digital age“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 59, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/eadd1094-en>. [32]

- Kollmann, T. et al. (2021), *Deutscher Startup Monitor 2021*, Bundesverband Deutsche Startups e. V., Berlin, https://startupverband.de/fileadmin/startupverband/mediaarchiv/research/dsm/dsm_2021.pdf. [17]
- Kreiling, L. und C. Paunov (2021), „Knowledge co-creation in the 21st century: A cross-country experience-based policy report“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 115, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/c067606f-en>. [3]
- Nedelkoska, L. und G. Quintini (2018), „Automation, Skills Use and Training“, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 202, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>. [29]
- OECD (2021), *OECD Economic Outlook 2021, Volume 2021 Issue 1*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/edfbca02-en>. [12]
- OECD (2020), *Wirtschaftsberichte: Deutschland 2020*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/93cb9ab8-de>. [9]
- OECD (2020), „Youth and COVID-19: Response, recovery and resilience“, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/c40e61c6-en>. [22]
- OECD (2018), *A Broken Social Elevator? How to Promote Social Mobility*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264301085-en>. [19]
- OECD (2017), *Making Innovation Benefit All: Policies for Inclusive Growth*, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/innovation/inno/making-innovation-benefit-all.pdf>. [7]
- OECD (2013), *Gleichstellung der Geschlechter: Zeit zu handeln*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190344-de>. [11]
- OECD (o. J.), *Gender employment database*, Datenbank, OECD, Paris, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GENDER_EMP. [15]
- OECD (o. J.), „Gender wage gap“, Indikator, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/7cee77aa-en>. [10]
- OECD (o. J.), „Main Science and Technology Indicators“, Datensatz, OECD, Paris, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB. [13]
- OECD/Europäische Kommission (2020), „Policy brief on recent developments in youth entrepreneurship“, *OECD SME and Entrepreneurship Papers*, No. 19, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5f5c9b4e-en>. [21]
- Paunov, C. (2019), „5 Policy Dimensions on Innovation and Inclusive Growth: Based on 10 Years of Research“, Präsentation bei der Veranstaltung „Inclusive Prosperity: Recoupling Growth, Equity & Social Integration“, 20.–21. August, Queen’s International Institute on Social Policy. [5]
- Paunov, C. et al. (2019), „On the Concentration of Innovation in Top Cities in the Digital Age“, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 85, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/f184732a-en>. [26]

- Paunov, C. und S. Planes-Satorra (2017), „Inclusive Innovation Policies: Lessons from international case studies“, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2017/2, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/a09a3a5d-en>. [2]
- Pew Research Center (2020), „Public Views About Science in Germany“, Fact Sheet, 29. September, Pew Research Center, Washington, D.C., <https://www.pewresearch.org/science/fact-sheet/public-views-about-science-in-germany/>. [23]
- Sturgis, P., I. Brunton-Smith und J. Jackson (2021), „Trust in science, social consensus and vaccine confidence“, *Nature Human Behaviour*, Vol. 5, S. 1528–1534, <http://dx.doi.org/10.1038/s41562-021-01115-7>. [6]
- WIPO (2021), *Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2021: The International Patent System*, WIPO, Genf, https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_901_2021.pdf. [14]
- Wissenschaft im Dialog (2020), „Wissenschaftsbarometer 2020“, Wissenschaft im Dialog, Berlin, <https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wissenschaftsbarometer/wissenschaftsbarometer-2020/>. [24]
- Yashiro, N. und S. Lehmann (2018), „Boosting productivity and preparing for the future of work in Germany“, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1502, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/df877b3e-en>. [8]

OECD-Berichte zur Innovationspolitik

DEUTSCHLAND

AGILE ANSÄTZE FÜR ERFOLGREICHE TRANSFORMATIONEN

Die Coronapandemie und der Krieg in der Ukraine haben Schwachstellen in Deutschlands Wirtschaftsmodell aufgezeigt: zu wenig diversifizierte Energieversorgung, zu starke Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, zu langsame Digitalisierung und stör anfällige Lieferketten. Die digitalen Technologien können im Verarbeitenden Gewerbe, in dem Deutschland seit Jahrzehnten eine führende Stellung einnimmt, zu erheblichen disruptiven Veränderungen führen und die künftige Wettbewerbsfähigkeit gefährden. Darüber hinaus verlangt die ökologische Transformation der Industrie große Anpassungsmaßnahmen ab. Deutschland kann auf eines der fortschrittlichsten Innovationssysteme der Welt zurückgreifen, um diese Herausforderungen zu bewältigen, im Bereich der WTI-Politik ist jedoch ein agilerer Ansatz mit mehr Experimentierfreude erforderlich. Der *OECD-Bericht zur Innovationspolitik: Deutschland 2022* beschreibt, wie ein solcher Ansatz entwickelt werden kann und worauf sich die WTI-Politik konzentrieren sollte: die Schaffung von Märkten für künftige Innovationen, umfangreichere und risikotolerantere Finanzierung für Innovationen, interdisziplinärer Wissensaustausch sowie bessere Dateninfrastruktur und -kapazitäten. Da die mit den Transformationen verbundenen Herausforderungen auch andere Länder betreffen, dürften die in diesem Bericht dargelegten Erkenntnisse nicht nur für politische Entscheidungsträger*innen, beteiligte Akteure und Politikberater*innen in Deutschland, sondern auch für andere OECD-Länder von großem Interesse sein.

