ifo
FORSCHUNGS-
BERICHTE

117
2020

Europäische öffentliche Güter: Was lässt sich vom US-amerikanischen ARPA-System für die Förderung von Sprunginnovationen in Europa lernen?

Nicolas Bunde, Nina Czernich, Oliver Falck, Clemens Fuest

ifo INSTITUT
Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
an der Universität München e.V.

ifo Zentrum für Industrieökonomik
und neue Technologien

Europäische öffentliche Güter: Was lässt sich vom US-amerikanischen ARPA-System für die Förderung von Sprunginnovationen in Europa lernen?*

Studie im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen
Forschungsauftrag fe 3/19: Rahmenvertrag Wissenschaftliche (Kurz-)Expertisen zu Grundsatzfragen der Finanz-, Steuer- und Wirtschaftspolitik

Autor*innen

Nicolas Bunde
Dr. Nina Czernich
Prof. Dr. Oliver Falck
Prof. Dr. Dr. h.c. Clemens Fuest

August 2020

*Originaltitel laut Auftrag:
Entwicklung Europäischer Öffentlicher Güter und Stärkung europäischer Mehrwert im Bereich Forschung und Innovation mit Fokus auf Sprunginnovationen

ifo INSTITUT
Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
an der Universität München e.V.

ifo Zentrum für Industrieökonomik und neue Technologien

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über
http://dnb.d-nb.de
abrufbar.

ISBN: 978-3-95942-090-7

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlags ist es auch nicht gestattet, dieses
Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)
oder auf andere Art zu vervielfältigen.
© ifo Institut, München 2020

Druck: ifo Institut, München

ifo Institut im Internet:
http://www.ifo.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ..... **II**

Tabellenverzeichnis ..... **III**

Abkürzungsverzeichnis ..... **IV**

1 Einleitung **1**

2 Forschung und Entwicklung als öffentliches Gut **3**

3 Forschungs- und Innovationslandschaft in den USA **6**

3.1 Struktur der US-Förderlandschaft 6

3.2 Zentrale Akteure der öffentlichen US-Forschungsförderung 7

3.3 Die National Science Foundation 8

3.4 Forschung und Entwicklung im US-Medizinsektor 9

3.5 Exkurs: Innovationsförderung und Covid-19 10

3.6 Exkurs: Öffentliche Beschaffung von Innovationen in den USA 11

3.7 Förderung von Sprunginnovationen und das ARPA-Modell 12

3.8 Charakteristische Merkmale des ARPA-Modells 16

3.9 Zwischenfazit: Besonderheiten der amerikanischen Innovationsförderung 23

4 Forschungs- und Innovationslandschaft in der EU **24**

4.1 Der Europäische Innovationsrat 27

4.2 Europäischer Forschungsrat 30

4.3 Das Europäische Innovations- und Technologieinstitut 30

4.4 EU-Förderung von Forschung zur Bekämpfung der Covid-19-Pandemie 31

4.5 Exkurs: Nationale Initiativen zur Förderung von Sprunginnovationen 32

4.6 Zwischenfazit: Charakteristika der europäischen Innovationsförderung 34

5 Lessons Learned: Was lässt sich aus der US- amerikanischen Innovationsförderung für Europa lernen? **35**

5.1 Fokus der Förderung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene 35

5.2 Flache Hierarchien und kurze Entscheidungswege 36

5.3 Personenzentrierter Vergabeansatz als weiteres Förderinstrument 36

5.4 Spezialisierung und Kompetenzaufbau in den Förderinstitutionen 37

5.5 Starke Rolle der öffentlichen Beschaffung 37

6 Ausblick: Förderung von Sprunginnovationen im europäischen Kontext **39**

Literaturverzeichnis **41**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: FuE-Ausgaben der DARPA nach Empfänger 16
Abbildung 3-2: Projektablauf von ARPA Programm-Manager*innen..... 20
Abbildung 4-1: Vorläufige Struktur des 9. Forschungsrahmenprogramms Horizon Europe 26
Abbildung 4-2: Kernelemente der Förderinstrumente des European Innovation Council (EIC).. 28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Gliederung US-amerikanische FuE-Finanzierung 2018 6
Tabelle 3-2: Bundesstaatliche FuE-Förderung nach Behörde 2018 8
Tabelle 4-1: Umfang der EU-Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung im Vergleich zu den FuE-Ausgaben der EU-Mitgliedstaaten..... 25

Abkürzungsverzeichnis

ARPAs	Advanced Research Projects Agencies
ARPA-E	Advanced Research Projects Agency-Energy
BARDA	Biomedical Advanced Research and Development Authority
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CALO	Cognitive Assistant that Learns and Organizes
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
EIC	European Innovation Council
EIT	European Institute of Innovation and Technology
ERC	European Research Council
FDA	U.S. Food and Drug Administration
FFRDCs	Federally Funded Research and Development Centres
FNIH	Foundation for the National Institutes of Health
FTI	Fast Track to Innovation
FuE	Forschung und Entwicklung
IA	Innovationsmaßnahme
IARPA	Intelligence Advanced Research Projects Activity
IPA	Intergovernmental Personnel Agreements
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
JRC	Joint Research Centre
KIC	Knowledge and Innovation Communities
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIH	National Institutes of Health
NSF	National Science Foundation
RP	Rahmenprogramm
SBIR	Small Business Innovation Research Program
STTR	Small Business Technology Transfer Program

1 Einleitung

Forschung und Innovation sind zentrale Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit von Nationen. Auch für die Europäische Union und ihre Mitgliedstaaten sind Forschung und Innovation von großer Bedeutung, um ihren Wohlstand und ihre wirtschaftliche Souveränität auch in Zukunft zu sichern. Angesichts großer europäischer Herausforderungen wie dem Ziel einer klimaneutralen Wirtschaft oder der aktuellen Covid-19-Pandemie kommen bahnbrechenden Innovationen – sogenannte Sprunginnovationen – eine besondere Rolle zu. Sie haben das Potenzial, neue, ungeahnte Lösungen hervorzubringen, deren wohlfahrtssteigernde Effekte über Landesgrenzen hinweg spürbar sind. Diese Ausstrahlungskraft kann im Besonderen die europäische öffentliche Förderung von Sprunginnovationen rechtfertigen. Die vorliegende Kurzexpertise beschäftigt sich mit der europäischen Förderung von bahnbrechenden Innovationen und der Frage einer sinnvollen Gestaltung der Fördermittelvergabe.

In diesem Zusammenhang wird wiederholt die Frage aufgeworfen, inwiefern die EU eine europäische Version der amerikanischen Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) benötigt. Mit der DARPA verfügen die Vereinigten Staaten seit langem über eine staatliche Organisation, die – so das Narrativ – bereits sehr erfolgreich disruptive Innovationen initiieren konnte. Beim Aufbau europäischer Förderungsstrukturen erscheint es daher lohnenswert, die grundsätzliche Ausgestaltung der Förderung von disruptiven Innovationen in den USA am Beispiel der DARPA näher zu betrachten und mit der europäischen Förderstruktur zu vergleichen.

Zunächst wird in der Arbeit kurz auf die Theorie der öffentlichen Güter eingegangen und dargelegt, wie Sprunginnovationen in diesem Kontext einzuordnen sind. Hierbei wird erläutert, inwiefern staatliche Unterstützung für das Hervorbringen bahnbrechender Innovationen sinnvoll oder gar nötig sein kann und welche Wohlfahrtseffekte dabei zu erwarten sind.

Um die Innovationsförderung in der Europäischen Union und den Vereinigten Staaten vergleichen zu können, ist ein Verständnis der Förderstrukturen notwendig. In der Kurzexpertise werden deshalb die Grundzüge der Forschungsförderung beider Systeme dargestellt. Zuerst wird in Kapitel 3 die Forschungslandschaft der USA präsentiert. Hierbei werden die Verteilung der öffentlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) und die zentralen Institutionen der Forschungsförderung näher erläutert. Ferner wird in einem Exkurs die FuE-Förderung zur Bekämpfung der Covid-19-Pandemie in den USA beleuchtet. Danach werden die Innovationsagentur DARPA sowie ihre Ableger vorgestellt und die wichtigsten Eigenschaften dieser Organisationen in Kapitel 3.7 herausgearbeitet. In Kapitel 4 wird der amerikanischen Forschungslandschaft ihr europäisches Pendant gegenübergestellt und es werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Systeme erläutert.

In Kapitel 5 werden die zentralen Erkenntnisse gebündelt und Empfehlungen („Lessons Learned“) für die Ausgestaltung der europäischen Innovationsförderung abgeleitet sowie mögliche Einschränkungen bei der Übertragbarkeit des amerikanischen Systems diskutiert. Im abschließenden Ausblick werden Herausforderungen einer europäischen Förderung von Sprunginnovationen und damit einhergehender Forschungsbedarf aufgezeigt.

2 Forschung und Entwicklung als öffentliches Gut[1]

Die Bereitstellung öffentlicher Güter ist eine klassische Aufgabe des Staates. Öffentliche Güter sind durch zwei Merkmale gekennzeichnet. Erstens ist es nicht möglich oder zu kostspielig, bestimmte Personen oder Personengruppen von der Nutzung öffentlicher Güter auszuschließen. Aus diesem Grund kann für die Nutzung öffentlicher Güter keine Bezahlung durchgesetzt werden, was dazu führt, dass sie nicht vom Markt bereitgestellt werden. Zweitens gibt es keine Rivalität beim Konsum, d.h. weitere Nutzer*innen des öffentlichen Gutes erhöhen die Kosten für die Bereitstellung des Gutes nicht oder nur sehr wenig. Das Standardlehrbuchbeispiel für ein öffentliches Gut ist die Straßenbeleuchtung, aber das Konzept ist auf eine ganze Reihe von Politikbereichen anwendbar, sowohl national als auch international.

Auch Wissen ist von Natur aus ein öffentliches Gut. Es ist kaum möglich oder zumindest schwierig, Wissen für bestimmte Personen(-gruppen) einzuschränken. Grundsätzlich besteht auch keine Rivalität im Nutzen von Wissen; das gilt insbesondere bei den Ergebnissen von Grundlagenforschung. Wenn mehr Personen etwas wissen, z.B. den Satz des Pythagoras oder die Existenz des Higgs-Boson-Teilchens, schränkt dies den Nutzen anderer aus diesem Wissen erstmal nicht ein. Werden Forschungsergebnisse, insbesondere aus der angewandten Forschung, in neue Produkte und Geschäftsmodelle weiterentwickelt, ergibt sich schließlich eine Rivalität im Nutzen zwischen den Firmen, die diese neuen Produkte oder Geschäftsmodelle auf den Markt bringen. Neues Wissen entsteht vor allem durch Forschung und Entwicklung (FuE). Da der Nutzen aus den Ergebnissen von FuE nicht nur den Forschenden entsteht, sondern auch vielen anderen zugutekommt, sind die individuellen Anreize für FuE tendenziell zu niedrig. Daher ist Förderung von FuE schon lange in der deutschen Politik ebenso wie auf EU-Ebene verankert.

Wann sollten öffentlicher Güter auf europäischer Ebene bereitgestellt werden? Bei entsprechenden Überlegungen wird in der Regel auf die Idee des europäischen Mehrwerts abgestellt. Die Europäische Kommission (2011) definiert ihn als den Wert, der sich aus einer EU-Intervention ergibt und zusätzlich zu dem Wert ist, der allein durch Maßnahmen der Mitgliedstaaten geschaffen worden wäre. Dies impliziert, dass Kompetenzen und Politikmaßnahmen auf die europäische Ebene verlagert werden sollten, wenn und nur wenn dies im Vergleich zur Bereitstellung auf anderen Regierungsebenen einen Mehrwert bringt. Verschiedene Faktoren bestimmen wie sich der Nutzen von Politikmaßnahmen zwischen verschiedenen Regierungsebenen unterscheiden. Dazu gehören Größenvorteile und Spillover-Effekte.

Größenvorteile (oder Skaleneffekte) sind häufig mit hohen Fixkosten bei der Bereitstellung eines öffentlichen Gutes und geringen Grenzkosten für jeden weiteren Nutzer verbunden. Das europäische satellitengestützte Navigationssystem-Projekt GALILEO ist ein viel zitiertes Beispiel. Die Kosten für die Einrichtung dieses Systems wären für jeden einzelnen EU-Mitgliedstaat zu groß

[1] Diese Kapitel folgt in weiten Teilen der Argumentation in Fuest und Pisany-Ferry (2019).

gewesen. Auch im Bereich von Forschungsinfrastrukturen sind die Fixkosten für deren Bereitstellung häufig sehr hoch, so dass sie von einzelnen Staaten nicht betrieben werden könnten, z.B. der Kernfusionsreaktor ITER oder der Teilchenbeschleuniger des CERN. Gerade in der digitalisierten Wirtschaft treten immer häufiger Fälle auf, bei denen zwar hohe Fixkosten anfallen, die Grenzkosten sich jedoch nahe Null bewegen. Dies trifft z.B. für die Initiative für die europäische Cloud Gaia-X zu. Deren Konzeption, das Festlegen von Standards und Sicherheitskonzepten erfordert hohe Investitionen. Steht die Cloud erst einmal, sind die Kosten für die Erweiterung der Speicherkapazität nahezu vernachlässigbar.

Spillover-Effekte bedeuten, dass der Nutzen eines öffentlichen Gutes nicht nur denjenigen, die es bereitstellen (z.B. Staat, Unternehmen), sondern auch anderen entsteht. Ein bekanntes Beispiel findet sich im Klimabereich, wo das klimapolitische Handeln eines Staates (oder das Fehlen eines solchen) alle Bürger*innen der Welt gleichermaßen betrifft, unabhängig von Entfernung oder wirtschaftlichen Verflechtungen. Doch auch im Bereich FuE treten starke Spillover-Effekte auf. Von der Vermehrung des öffentlichen Gutes „Wissen“ durch FuE profitiert nicht nur das Unternehmen oder das Land, das die FuE durchführt oder fördert. Neues Wissen wird von anderen wiederum verwendet, um damit Produkte und Anwendungen zu entwickeln oder darauf aufbauend weiteres Wissen zu generieren (Caballero und Jaffe, 1993). Die forschenden Unternehmen oder Länder berücksichtigen diese positiven Spillover-Effekte auf andere jedoch nicht, so dass sie weniger FuE betreiben als gesellschaftlich optimal wäre. FuE-Förderung auf EU-Ebene berücksichtigt die positiven Effekte von neuem Wissen und neuen Technologien auf alle Mitgliedstaaten, die Spillover-Effekte werden also internalisiert.

In jüngster Zeit hat die Förderung disruptiver Innovationen oder Sprunginnovationen große Aufmerksamkeit gewonnen. Damit sind Lösungen für große gesellschaftliche Herausforderungen wie Klimawandel bzw. CO2-Neutralität, neue Behandlungsmethoden und Impfungen für Krankheiten, neue Mobilitätskonzepte etc. gemeint. Sprunginnovationen haben somit eine regional übergreifende Dimension, d.h. dass das zu lösende Problem nicht nur in einem Land auftaucht, sondern von globaler oder europäischer Bedeutung ist. Häufig führen Sprunginnovationen auch zu ganz neuen Produkten, Dienstleistungen oder Geschäftsmodellen, die bestehende Märkte auf den Kopf stellen bzw. ganz neue Märkte schaffen (z.B. künstliche Intelligenz → autonomes Fahren u.v.m.; Internet → online Plattformen wie Uber oder AirBnB u.v.m.). Je breiter diese Innovationen zum Einsatz kommen – sowohl in Branchen als auch Ländern – desto größer ist der Nutzen, den Sprunginnovationen stiften.

Ein Teil des Technologie- und Produktivitätsrückstands, den Europa in der digitalen Wirtschaft und insbesondere im Bereich künstliche Intelligenz verzeichnet, wird auf die unzureichende Förderung solcher Sprunginnovationen zurückgeführt. In diesem Zusammenhang wird häufig das US-amerikanische DARPA-Programm (Advanced Research Projects Agencies) genannt, das Projekte zur Lösung technologischer und gesellschaftlicher Herausforderungen fördert (Kapitel 3.7). Diese Projekte sind durch hohe Investitionen und eine hohe Wahrscheinlichkeit des Scheiterns

gekennzeichnet, im Erfolgsfall sind die positiven Auswirkungen – nicht zuletzt durch Folgeinnovationen und darauf basierenden Produkten und Geschäftsmodellen – enorm. Die Adaption der Sprunginnovation findet nicht nur in den verschiedenen Wirtschafts- und Technologiebereichen statt, sondern auch geografisch dispers. So profitieren von den Entwicklungen der DARPA die gesamten USA, wenn nicht sogar die ganze Welt (z.B. Internet, dessen Vorläufer das ARPA-Net war). Entsprechend könnten von der Förderung und Entwicklung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene alle EU-Mitgliedstaaten profitieren.

Die Fähigkeit, solch risikoreiche kostspielige Projekte zu finanzieren, hängt von der Größe und Vielfalt des Projektportfolios ab. Die Bündelung der Förderung von Sprunginnovationen auf Bundesebene in den USA ermöglicht es, das Risiko zu diversifizieren und damit die Erfolgschancen zu erhöhen. Entsprechende Überlegungen treffen auch für Europa zu. Von der Bewältigung der großen Herausforderungen wie Klimawandel, neue Mobilität oder Digitalisierung profitiert ganz Europa. Die Kosten für die Entwicklung von Lösungen sind jedoch immens. Daher scheint gerade für die Entwicklung von Sprunginnovationen mit „high-risk, high-payoff“ die europäische Ebene geeigneter als nationale Strategien. Förderung von Sprunginnovationen auf europäischer Ebene würde das Teilen von Kosten und Risiken der Projekte erlauben und die Internalisierung der positiven Spillover-Effekte erfolgreicher Projekte auf alle Mitgliedstaaten ermöglichen. Disruptive bzw. Sprunginnovationen könnten in allen Mitgliedstaaten genutzt werden und jeweils Basis für weitere darauf aufbauende Innovationen und Entwicklungen sein. Ebenso wie in den verschiedenen Wirtschafts- und Technologiebereichen können in den einzelnen Mitgliedstaaten spezifische Anwendungen und Folgeinnovationen entwickelt werden. So profitieren die einzelnen Mitgliedstaaten von der Förderung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene.

3 Forschungs- und Innovationslandschaft in den USA

Die Vereinigten Staaten von Amerika nehmen im Bereich Forschung und Innovation weltweit eine Spitzenposition ein. Neben namhaften Topuniversitäten sind sie für ihren Innovationsgeist bekannt. Beispielsweise legte die US Mikrochip-Industrie den Grundstein für die Entwicklung der modernen Informationstechnologie. Auch in Bezug auf die Forschungsförderung gehören die USA zu den größten FuE-Finanzierern der Welt. Deshalb lohnt es sich, einen genaueren Blick auf die Förderlandschaft in den USA zu werfen, um zu sehen welche Erkenntnisse sich daraus für eine künftige europäische Innovationsförderung ableiten lassen.

3.1 Struktur der US-Förderlandschaft

In den USA betrugen im Jahr 2018 die öffentlichen und privaten Ausgaben für FuE 580 Mrd. US-$, was etwa 2,83% des Bruttoinlandsprodukts der USA entspricht.[2] Von der Gesamtsumme der FuE-Ausgaben entfielen 16,6% auf die Grundlagenforschung, 19,8% auf angewandte Forschung und 63,5% auf Entwicklung. Die öffentliche FuE-Förderung in den USA lag im Jahr 2018 bei 132 Mrd. US-$ und macht 23% der gesamten FuE-Ausgaben aus; 127,3 Mrd. US-$ dieser Förderung stammt von der US-Bundesregierung (22% der gesamten FuE-Ausgaben) (CRS 2020: 3). In Tabelle 3-1 findet sich eine Aufstellung der US-amerikanischen FuE-Ausgaben, gegliedert nach Herkunft der Mittel und Verwendungszweck.

Tabelle 3-1: Gliederung US-amerikanische FuE-Finanzierung 2018

In Milliarden US-Dollar

	Grundlagen-forschung		Angewandte Forschung		Entwicklung		Gesamt	
	US $	%	US $	%	US $	%	US $	%
US-Bundesregierung	40,4	41,8	39,5	34,3	47,4	12,9	127,3	21,9
Bundesstaaten	2,5	2,6	1,6	1,4	0,6	0,2	4,7	0,8
Wirtschaft	28,0	29,0	62,4	54,3	313,9	85,2	404,2	69,7
Hochschulwesen	13,1	13,6	5,7	4,9	2,3	0,6	21,1	3,6
Non-Profit-Bereich	12,5	13,0	5,8	5,1	4,3	1,2	22,7	3,9
Gesamt	96,5	100	115,0	100	368,5	100	580,0	100

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf CRS (2020) U.S. Research and Development Funding and Performance: Fact Sheet. Updated January 24, 2020, S. 3. Rundungsbedingte Abweichungen von 100%. Daten für 2018 sind vorläufig.

[2] OECD Science and Technology Indicators Database: https://doi.org/10.1787/226a7e59-en; letzter Abruf Mai 2020.

Mit einem Anteil von knapp 42% entfällt der größte Teil der Finanzierung von Grundlagenforschung auf bundesstaatliche Mittel. Im Bereich der angewandten Forschung liegt erwartungsgemäß die Wirtschaft vorn. Sie ist hier für etwa 54% der Ausgaben verantwortlich. Im Bereich Entwicklung liegt ihr Anteil sogar bei rund 85%. Vergleicht man die auf Bundesebene getätigten FuE-Ausgaben in Höhe von 127,3 Mrd. mit den restlichen öffentlichen FuE-Ausgaben in Höhe von 4,7 Mrd. wird deutlich, dass in den USA die Bundesebene bei der der Forschungsfinanzierung die entscheidende Rolle spielt.

3.2 Zentrale Akteure der öffentlichen US-Forschungsförderung

Die Forschungsförderung der USA findet hauptsächlich über die Bundesbehörden statt. Über 20 von ihnen finanzieren FuE in den USA. Nach Zahlen des Amts für Verwaltung und Haushaltswesen (Office of Management and Budget) vereinten im Jahr 2018 jedoch sieben Einrichtungen etwa 95% der gesamten bundesstaatlichen Förderung auf sich (Tabelle 3-2). Den Löwenanteil macht dabei das Verteidigungsministerium (Department of Defense) aus, dessen Forschungsbudget von über 52 Mrd. US-$38,6% der bundesstaatlichen FuE-Förderung entspricht. Die Innovationsagentur DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) ist dem Verteidigungsministerium unterstellt und hat ein Budget von etwa 3 Mrd. US-$ Dollar. Das Ministerium für Gesundheit und Soziale Dienste (Department of Health and Human Services) macht 27,2% der Förderung aus. Dem Ministerium sind die Nationalen Gesundheitsinstitute (National Institutes of Health (NIH)) zugeordnet, denen mit 35,8 Mrd. US-$ fast das gesamte Budgets des Ministeriums für Gesundheit und Soziale Dienste zufließt. Mit rund 17,4 Mrd. ist das Ministerium für Energie (Department of Energy) der drittgrößte FuE-Akteur. Dieser Behörde untersteht die 2009 gegründete Innovationsagentur ARPA-E, (Advanced Research Projects Agency-Energy) die 2018 mit einem Budget von 354 Mio. US-$ ausgestattet war. Weitere finanzkräftige Organisationen sind die US-Raumfahrtbehörde NASA (National Aeronautics and Space Administration) und die US-Forschungsstiftung National Science Foundation (NSF). Auffällig ist, dass alle genannten Organisationen – mit Ausnahme der NSF – einen thematischen Schwerpunkt besitzen, auf den die jeweilige FuE-Förderung ausgerichtet ist.

Tabelle 3-2: Bundesstaatliche FuE-Förderung nach Behörde 2018

Bundesbehörde	Anteile in Prozent	Kumulierte Prozente
Dept. of Defense	38,6	38,6
Dept. Health	27,2	65,8
Dept. of Energy	12,9	78,7
NASA	8,7	87,4
National Science Foundation (NSF)	4,7	92,0
Dept. of Agriculture	1,9	93,9
Dept. of Commerce	1,5	95,4
Dept. of Veteran Affairs	0,9	96,4
Dept. of Transportation	0,8	97,2
Dept. of Interior	0,6	97,8
Dept. of Homeland Security	0,5	98,3
Environmental Protection Agency	0,4	98,7
Smithsonian Institution	0,3	98,9
Dept. of Education	0,2	99,1
Andere	0,9	100,0
Gesamt	100,0	--

Quelle: OMB (2019) S. 271.

Im Folgenden werden die drei Institutionen NSF, NIH und das ARPA-System mit Fokus auf den jeweiligen Schwerpunkt und Ansatz der Innovationsförderung beschrieben.

3.3 Die National Science Foundation

Die National Science Foundation wurde 1950 gegründet, ihre Aufgabe ist die disziplinenübergreifende Förderung von Bildung und Wissenschaft. Der Hauptfokus liegt dabei auf der Grundlagenforschung. Die NSF beschäftigt keine eigenen Wissenschaftler*innen und betreibt auch keine Labore. Stattdessen unterstützt sie Forschungseinrichtungen durch finanzielle Zuwendungen. Hauptförderform sind dabei sogenannte „Limited Term Grants“ mit einer Durchschnittslaufzeit von drei Jahren, von denen ca. 12.000 pro Jahr vergeben werden. Die Vergabe findet „bottom up“ statt, das heißt, Förderinteressierte können sich auf Ausschreibungen der NSF bewerben, die von groben Themenbereichen bis zu konkreten Forschungsfragen reichen. Als Auswahlverfahren kommt ein Peer-Review-Verfahren zum Einsatz, bei dem externe Expert*innen aus dem jeweiligen Forschungsgebiet als Gutachter*innen herangezogen werden.[3]

[3] National Science Foundation: https://www.nsf.gov/about/what.jsp; letzter Abruf Mai 2020.

3.4 Forschung und Entwicklung im US-Medizinsektor

Die National Institutes of Health bilden das amerikanische Kompetenzzentrum für biomedizinische Forschung. Mit einem Budget von über 35 Mrd. US-$ sind die NIH nach eigenen Angaben die größte Einrichtung dieser Art weltweit. Die NIH bestehen aus 27 Forschungsinstituten und Laboren, die auf spezifische Körperteile oder Krankheitsbilder ausgerichtet sind. Beispiele sind das National Eye Institute oder das National Cancer Institute. Die einzelnen Institute verfügen über eigene Budgets und sind für die Ausschreibungen in ihrem Themengebiet verantwortlich.[4]

Im Gegensatz zur NSF sind die NIH keine reine Förderinstitution. Etwa 10% des Budgets fließt in die eigene Forschung und rund 6.000 Wissenschaftler*innen arbeiten auf dem NIH Campus in Bethesda bei Washington. Der Großteil des jährlichen Budgets (80%) wird jedoch in Form von „Competitive Grants“ an externe Universitäten und Forschungseinrichtungen vergeben. Die bedeutendste Form der Förderung sind projektbasierte Forschungszuschüsse im Rahmen des R01 Programms. Sie machen die Hälfte der NIH Förderungen aus und sind die primäre Finanzierungsquelle für den Großteil der akademisch ausgerichteten biomedizinischen Forschungseinrichtungen in den USA (Li 2016). Im Jahr 2018 wurden 34 584 R01-Anträge gestellt und 7517 Projekte bewilligt, was einer Erfolgsrate von 21,7% entspricht. Die durchschnittliche Förderung beträgt 534 281 US-$.[5] Neben dem R01 Programm existieren zahlreiche weitere Förderungen, die von der Finanzierung wissenschaftlicher Konferenzen bis zur Unterstützung von Technologietransfer in Kleinunternehmen reichen.[6]

Bei der Mittelvergabe kommt beim NIH ein Peer-Review-Verfahren zum Einsatz. Etwa 180 feste, nach Fachgebieten[7] organisierte „Review-Komitees“ evaluieren die Forschungsanträge. Die Themenfelder der Komitees sind dabei nicht deckungsgleich mit denen der Institute. Die Prüfungskomitees vergeben für jeden Antrag einen Punktwert („Score“) zwischen 1 (herausragend) und 9 (schlecht).[8] Nach Abschluss der Evaluation werden die bewilligten Projekte vom jeweilig zugeordneten Institut finanziert. Jedes Institut hat dabei ein fixes Jahresbudget, das nach der Rangfolge der Scores vergeben wird, bis es erschöpft ist. Durch diese Herangehensweise steht der wissenschaftliche Mehrwert im Mittelpunkt und nicht die Budgetinteressen der finanzierenden Institute (Azoulay et al. 2019a: 120).

Evaluation der NIH

Azoulay et al. (2019a) untersuchten in einer aktuellen Studie biomedizinische Förderanträge, die von den NIH im Zeitraum von 1980 bis 2005 bearbeitet wurden und versuchten herauszufinden,

[4] National Institutes of Health: The NIH Almanac, https://www.nih.gov/about-nih/what-we-do/nih-almanac/about-nih-almanac; letzter Abruf Mai 2020.

[5] National Institutes of Health: NIH Annual Snapshot FY2018, https://nexus.od.nih.gov/all/2019/03/13/nih-annual-snapshot-fy-2018-by-the-numbers/; letzter Abruf Mai 2020.

[6] https://grants.nih.gov/grants/funding/funding_program.htm; letzter Abruf Mai 2020.

[7] Z.B. „Behavioral Genetics and Epidemiology“.

[8] https://grants.nih.gov/grants/policy/review/rev_prep/scoring.htm; letzter Abruf Mai 2020.

inwiefern sich die Forschungsförderung auf die Anzahl der Patente auswirkte, die von Pharmaunternehmen von 1980 bis 2012 angemeldet wurden. Über die Zurückverfolgung von Zitationen stellten die Autoren eine Verbindung von Patenten zu ursprünglich von den NIH geförderten Projekten her. Sie kommen so zu dem Schluss, dass NIH Förderungen einen positiven Effekt auf die Patentaktivitäten der Privatwirtschaft haben. Ihrem Modell zufolge führen 10 Mio. US-$ an zusätzlicher NIH Förderung in einem Forschungsbereich zu 2,7 neuen Patenten. Gleichzeitig konnte durch die öffentlichen Gelder keine Verdrängung von privaten FuE-Investitionen festgestellt werden. Die Autoren untersuchten darüber hinaus, welchen monetären Wert die Patente erzeugen. Dafür zogen sie den mittleren Verkaufserlös von in den USA zugelassenen Medikamenten als Maßstab heran und betrachteten nur diejenigen Patente in ihrer Stichprobe, die sich auf ein solches Medikament beziehen. Auf Basis ihrer Daten kommen sie so zu dem Schluss, dass 1 US-$ NIH Finanzierung ungefähr 2,34 US-$ an Medikamentenerlös generiert. Die Studie brachte noch einen weiteren Aspekt zu Tage. Mehr als die Hälfte der Patente, die auf NIH Förderungen zurückzuführen sind, basieren auf Forschungsarbeiten die aus einem Fachbereich stammen, der nicht mit dem des Patents übereinstimmt. Es kann also sein, dass eine Studie, die vom National Cancer Institute finanziert wurde, Erkenntnisse liefert, die letzten Endes im Bereich der Geriatrie zu einem neuen Patent führen. Dies weist darauf hin, dass Forschungsförderung in einem Fachgebiet nicht intendierte Effekte auf die Innovationsleistung in anderen Fachbereichen haben kann. (Azoulay et al. 2019a)

3.5 Exkurs: Innovationsförderung und Covid-19

Als eine der größten medizinischen Forschungsinstitutionen spielen die NIH auch bei der Bekämpfung der aktuellen Covid-19-Pandemie eine wichtige Rolle. Um die Forschung zu Covid-19 möglichst schnell anzukurbeln, vergeben die NIH aktuell Notfallförderungen mit verkürzten Vergabeverfahren. Zudem haben die NIH mit der hauseigenen Stiftung FNIH im April 2020 angekündigt, im Kampf gegen Covid-19 mit über einem Dutzend internationalen Pharmaunternehmen und verschiedenen Regierungsbehörden, darunter die US-Arzneimittelbehörde (U.S. Food and Drug Administration) FDA und die Europäische Arzneimittel-Agentur (EMA), eine öffentlich-private Partnerschaft zu schmieden.[9] Diese soll dazu dienen, die internationale Covid-19 Forschung zu koordinieren. Mit der Fachkompetenz aus den spezialisierten Instituten verfügen die NIH über die breite Expertise, die nötig ist, um ein solches Vorhaben zu leiten. Ziele der Partnerschaft sind die Entwicklung eines Rahmenplans zur Priorisierung der Impf- und Arzneimittelherstellung, die Beschleunigung klinischer Studien sowie die Abstimmung regulatorischer Prozesse. Geleitet wird die Partnerschaft von der FNIH mit Unterstützung eines Steuerungskomitees, bestehend aus Verantwortlichen aus NIH, FDA und Vertreter*innen aus den FuE-Abteilungen der Unternehmen. Die Partnerschaft plant vier Schwerpunktbereiche einzurichten, die sich mit folgenden Themen beschäftigen werden:

[9] National Institutes of Health: NIH to launch public-private partnership, https://www.nih.gov/news-events/news-releases/nih-launch-public-private-partnership-speed-covid-19-vaccine-treatment-options; letzter Abruf Mai 2020.

1. Standardisierung und Austausch vorklinischer Erhebungs- und Evaluierungsmethoden
2. Priorisierung und Beschleunigung klinischer Tests für vielversprechende Therapien
3. Steigerung klinischer Versuchskapazitäten
4. Weiterentwicklung der Impfstoffentwicklung

Die Biomedical Advanced Research and Development Authority (BARDA)

Eine weitere Agentur, die im Rahmen der Covid-19-Bekämpfung eine Rolle spielt, ist die Biomedical Advanced Research and Development Authority (BARDA). Als Teil des Ministeriums für Gesundheit und Soziale Dienste ist sie für die Abwehr chemischer, biologischer, atomarer und pandemischer Gefahren zuständig. Sie unterstützt dafür die Entwicklung von Medikamenten und Impfstoffen mit Fördergeldern. Vornehmlich über öffentlich-private Partnerschaften sollen so schneller Gegenmittel für Kampfstoffe oder Infektionskrankheiten zur Zulassung gebracht werden. Aktuell finanziert die BARDA auch die Entwicklung von Mitteln gegen Covid-19. Für die Suche nach einem Impfstoff investierte die Agentur im April 2020 beispielsweise rund 900 Mio. US-$ in drei US-Pharmaunternehmen die bereits an vielversprechenden Impfstoffen arbeiten. Die Förderung der BARDA soll die letzte Phase der klinischen Entwicklung sowie den Ausbau von Produktionskapazitäten beschleunigen, um, im Falle der Zulassung, einen sofortigen Beginn der Massenproduktion des Impfstoffs zu ermöglichen.[10]

3.6 Exkurs: Öffentliche Beschaffung von Innovationen in den USA

FuE wird in den USA insbesondere durch die öffentliche Beschaffung gefördert. Einer der wichtigsten Auftraggeber ist hier das Verteidigungsministerium, auf das im Jahr 2018 38,6% der gesamten bundesstaatlichen FuE-Förderung entfiel. Auch nach internationalen Maßstäben ist das Budget des Verteidigungsministeriums enorm; etwa 80% der gesamten militärischen FuE-Ausgaben der OECD-Staaten gehen auf die USA zurück.[11] Jährlich werden für das Militär Milliarden für die Weiterentwicklung der Ausrüstung ausgegeben, wodurch die Innovationstätigkeit von Universitäten und Unternehmen stimuliert wird. Die Arbeit der Sprunginnovationsagentur DARPA ist qua Auftrag und institutioneller Anbindung auf die Bedürfnisse des Verteidigungsministeriums ausgerichtet. Das US-Militär ist folglich zentraler Abnehmer der entwickelten Technologien. Die öffentliche Beschaffung beschränkt sich aber nicht nur auf das Militär. Seit den Achtzigerjahren wird die Beschaffung innovativer Güter systematisch gefördert. Mit dem Small Business Innovation Research Program (SBIR) und dem Small Business Technology Transfer Program (STTR) werden kleine und mittlere Unternehmen über die öffentliche Beschaffung unterstützt. Das SBIR-Programm sieht vor, dass Bundeseinrichtungen mit einem FuE-Budget von mindestens 100 Mio. US-$ einen bestimmten Prozentsatz diese Budgets im Rahmen eines wettbewerbsbasierten Ver-

[10] BARDA: Covid-19, https://www.medicalcountermeasures.gov/app/barda/coronavirus/COVID19.aspx; ; letzter Abruf Mai 2020.
[11] https://fas.org/sgp/crs/natsec/R45441.pdf; letzter Abruf Mai 2020.

fahrens an innovative kleine und mittlere Unternehmen (KMU) auszahlen. Die Bundeseinrichtungen identifizieren dafür gesellschaftliche Innovationsbedarfe u.a. in den Bereichen Sicherheit, Gesundheit, Energie und Umwelt. Die Unternehmen sind dann aufgefordert, für diese Bedarfe Machbarkeitsstudien zu erstellen, die durch SBIR finanziert werden. In einem zweiten Schritt kann dann die Umsetzung eines solchen FuE-Projekts ebenfalls gefördert werden (EFI 2017: 95). Im Jahr 2018 erhielten so 2 740 Firmen Zuschüsse im Gesamtwert von 2,7 Mrd. US-$[12] Beim STTR steht wiederum die Stärkung des Technologietransfers aus der Wissenschaft im Mittelpunkt. Hier müssen KMUs in Phase eins und zwei eine Partnerschaft mit einer gemeinnützigen Forschungseinrichtung eingehen, um am Programm teilnehmen zu können. Ziel ist hier vor allem, die Lücke zwischen Grundlagenforschung und Kommerzialisierung zu schließen.[13]

Ein weiteres Instrument der Forschungsförderung sind Federally Funded Research and Development Centers (FFRDCs). Hierbei handelt es sich um spezielle Forschungseinrichtungen die zwar im Auftrag von Bundesbehörden arbeiten und größtenteils von ihnen finanziert werden, aber eigenständig sind. Sie werden von Universitäten, Non-Profit-Organisationen oder von Firmen betrieben, da sie als private Einrichtungen flexibler agieren können als öffentliche Einrichtungen. Um Interessenkonflikte zu vermeiden und die Objektivität der FFRDCs zu garantieren, unterliegen die Einrichtungen bestimmten Richtlinien. So dürfen diese weder für kommerzielle Unternehmen arbeiten noch selbst Produkte fertigen oder verkaufen. Diese Restriktionen sollen es Unternehmen und Behörden erlauben, sensible Informationen mit den Organisationen zu teilen. Aktuell existieren 42 FFRDCs die im Auftrag diverser Ministerien u.a. in den Bereichen Luftfahrt, Verteidigung, Gesundheitswesen, Cybersicherheit und Energieversorgung arbeiten.[14] Beispiele sind das National Renewable Energy Laboratory in Colorado, das zu erneuerbaren Energien forscht oder das Jet Propulsion Laboratory in Kalifornien, welches Satelliten und Raumsonden entwickelt. Die verschiedenen FFRDCs betreiben größtenteils Grundlagenforschung und bieten Unternehmen u.a. über Lizensierungsmodelle die Möglichkeit, Forschungsergebnisse zu kommerzialisieren. FFRDCs machen einen nicht unerheblichen Teil der staatlichen FuE-Finanzierung aus. Im Jahr 2018 erhielten die 42 Institute 20,8 Mrd. US-$, was etwa 16%der gesamten FuE-Förderung der US-Bundesregierung entspricht.[15]

3.7 Förderung von Sprunginnovationen und das ARPA-Modell

Der Fokus der zwei großen wissenschaftlichen Förderinstitutionen NSF und die NIH liegt auf der Sicherstellung der Disziplinen gebundenen Grundlagenforschung und der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Bahnbrechende Innovationen sind häufig mit größeren Risiken

[12] SBIR Award Data: https://www.sbir.gov/analytics-dashboard?program_tid%5B%5D=105791&year%5B%5D=2018; letzter Abruf Mai 2020.
[13] https://www.sbir.gov/about; letzter Abruf Mai 2020.
[14] https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/ffrdcs.pdf; letzter Abruf Mai 2020.
[15] https://ncsesdata.nsf.gov/ffrdcrd/2018/html/ffrdcrd18-dt-tab004.html; letzter Abruf Mai 2020.

und Unwägbarkeiten verbunden, weshalb Projekte in diesem Bereich oft nicht im Rahmen der regulären Prozesse förderfähig wären. Aus diesem Grund haben sowohl die NSF als auch die NIH sogenannte „high-risk“, „high-payoff“ Förderungen ins Leben gerufen, die sich explizit an transformative Forschungsvorhaben richten.[16] Hierbei handelt es sich um vergleichsweise junge Projekte, die in den 2000ern gestartet wurden und nur einen Bruchteil des Budgets der beiden Institutionen ausmachen.

In der amerikanischen Förderlandschaft existieren mit den Advanced Research Projects Agencies (ARPA) eigenständige Organisationen, die auf die Förderung bahnbrechender Innovationen spezialisiert sind. Die älteste und bekannteste davon ist die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), die im Auftrag des Verteidigungsministeriums Innovationen für das US-Militär entwickelt. Aufgrund ihres Erfolgs wurden mit ARPA-E, IARPA oder BARDA inzwischen Ableger der DARPA gegründet, die in den Bereichen Energie, Nachrichtendienst und Biomedizin agieren. Bei der ARPA-E handelt es sich um eine Innovationsagentur, die 2009 mit dem Ziel gegründet wurde, neue bahnbrechende Technologien im Gebiet der Energieversorgung zu fördern, die noch nicht die ausreichende Marktreife aufweisen, um von privaten Investoren finanziert zu werden.[17] Die Intelligence Advanced Research Projects Activity (IARPA) ist wiederum eine Innovationsagentur im Geheimdienstbereich, die dem Direktor der nationalen Nachrichtendienste unterstellt ist. Sie wurde 2006 gegründet, um die Entwicklung von nachrichtendienstlicher Technik zu fördern. Ihre Projekte reichen dabei von Datenanalyse über Spracherkennung bis zur Bioinformatik.[18] Da die genannten Agenturen nach dem Vorbild der DARPA geschaffen wurden, weisen sie sehr ähnliche Strukturen und Arbeitsweisen auf, weshalb man auch von einem ARPA-Modell sprechen kann.

Verschiedene Studien haben sich bereits mit der DARPA und ihren Ablegern befasst und versucht, die essenziellen Eigenschaften dieses ARPA-Modells festzumachen. Auf Grund des fehlenden Zugangs zu internen Daten sind die bestehenden Studien zum großen Teil qualitativer Natur und beruhen meist auf Interviews mit ehemaligen Programm-Managern oder Wissenschaftlern, die mit einer der Organisationen zusammengearbeitet haben. Um besser zu verstehen, wie diese Agenturen die Entwicklung bahnbrechender Innovationen fördern, wird im Folgenden zunächst das Organisationsmodell exemplarisch anhand der DARPA erläutert, bevor die charakteristischen Merkmale der ARPAs herausgearbeitet werden.

Die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)

Die DARPA ist wahrscheinlich die prominenteste staatliche Innovationsagentur der Welt. Bekannt wurde sie durch die Beteiligung an einigen bahnbrechenden Innovationen wie dem Arpanet (Vorläufer des Internets), dem GPS oder der Tarnkappentechnik für Kampfflugzeuge. Die

[16] NSF: https://www.nsf.gov/about/transformative_research/; NIH: https://commonfund.nih.gov/highrisk; letzter Abruf Mai 2020.
[17] https://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-site-page/about; letzter Abruf Mai 2020.
[18] https://www.iarpa.gov/index.php/about-iarpa; letzter Abruf Mai 2020.

DARPA wurde 1958 in Reaktion auf den Sputnik-Schock gegründet, als der Start des ersten Satelliten durch die Sowjetunion die technologische Hegemonie der USA in Frage stellte. Um zukünftig eine Vorreiterrolle bei strategischen Innovationen einzunehmen und nicht mehr von technischen Neuerrungen überrascht zu werden, veranlasste Präsident Eisenhower die Einrichtung einer neuen Organisation, deren Aufgabe bis heute darin besteht, die Entwicklung bahnbrechender Technologien für die nationale Sicherheit zu fördern.[19]

Die DARPA ist eine Finanzierungsagentur, die weder eigene Labore betreibt noch Wissenschaftler*innen direkt beschäftigt. Ihre gesamte FuE-Tätigkeit ist auf die Bedürfnisse des US-Militärs ausgerichtet. Zentrale Bausteine sind dabei die sechs Technologieabteilungen (Technology Offices), in denen Programm-Manager*innen die Entwicklung neuer Technologien vorantreiben. Die Anzahl und Ausrichtung der Technologieabteilungen variiert, aktuell existieren die folgende sechs Bereiche:

- Biological Technologies Office (BTO)
- Defense Sciences Office (DSO)
- Information Innovation Office (I2O)
- Microsystems Technology Office (MTO)
- Strategic Technology Office (STO)
- Tactical Technology Office (TTO)

Die strategische und die taktische Abteilung sind für Machbarkeitsnachweise für das Verteidigungsministerium verantwortlich. Ihr Ziel ist es, neuartige oder deutlich verbesserte technische Möglichkeiten zu entwickeln und deren Umsetzbarkeit zu belegen. Unbemannte Fluggeräte sind ein Beispiel. Während die strategische und die taktische Abteilung in der Regel FuE in Rüstungsunternehmen oder Regierungslabors finanzieren, arbeiten die restlichen Bereiche verstärkt mit Akteuren aus dem universitären oder industriellen Bereich zusammen. In der Praxis sind die Übergänge zwischen den Bereichen jedoch fließend.

Die wichtigsten Akteure innerhalb der DARPA sind die etwa 100 Programm-Manager*innen. Sie entwickeln und leiten die einzelnen FuE-Projekte innerhalb einer Technologieabteilung. Die Programm-Manager*innen selbst unterstehen direkt den Leiter*innen der einzelnen Technologieabteilungen. Diese sind für die Genehmigung der Projekte zuständig und für die Finanzierung verantwortlich. Über ihnen steht nur noch der*die DARPA-Direktor*in. Komplementiert wird die Organisation durch etwa 100 Angestellte, die Personal- und Vertragsfragen übernehmen sowie weitere externe Mitarbeiter*innen und Berater*innen, welche die Arbeit der DARPA mit ihrer Expertise unterstützten.

Die Laufzeit eines einzelnen Programms beträgt typischerweise drei bis fünf Jahre und umfasst ein Budget im zweistelligen Millionen Dollarbereich. Häufig werden innerhalb eines Programms

[19] https://www.darpa.mil/about-us/about-darpa; letzter Abruf Mai 2020.

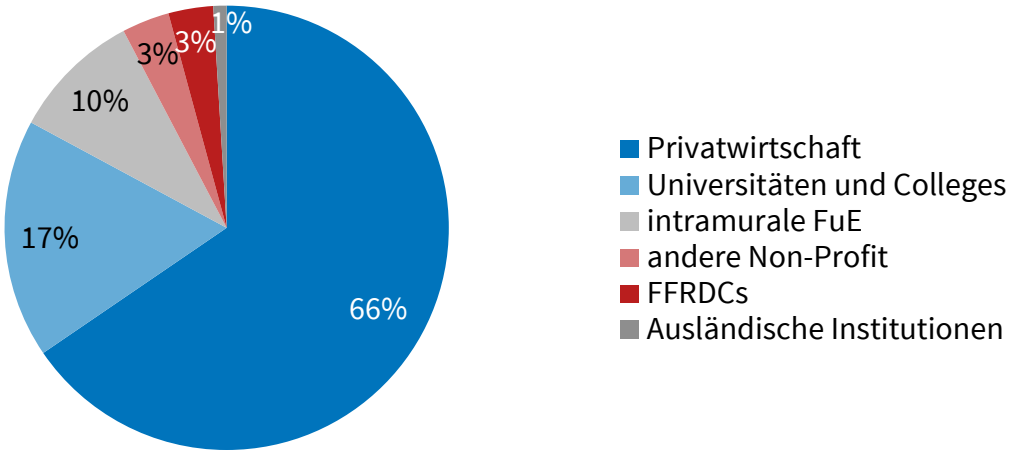
verschiedene Lösungsansätze parallel verfolgt. Jede Technologieabteilung kann zudem kleinere „Seed“ Programme, also Frühfinanzierungen auflegen, um neue Ideen zu generieren und zu testen. In den letzten Jahren hat jede Technologieabteilung zudem jährliche Wettbewerbe, sogenannte „Open Competitions“ durchgeführt, bei denen die Teilnehmer*innen Projekte vorstellen können, die nicht von bestehenden Programmen abgedeckt werden (DARPA 2018: 16 f; Windham, Van Atta 2019: 9-11).

Budget der DARPA

Die von der DARPA geförderten FuE-Aktivitäten werden von verschiedenen Akteuren durchgeführt (Abb. 3-1). Größter Empfänger war im Jahr 2019 die Wirtschaft mit einem Anteil von 66%, was 2,3 Mrd. US-$ entspricht. Zweitgrößter Empfänger waren Universitäten und Colleges mit einem Anteil von 17%, was 615,6 Mio. US-$ entspricht. Weitere FuE-Partner sind „Intramural“ Organisationen (z.B. staatseigene Labore), Non-Profit-Organisationen, öffentlich-private Partnerschaften, die im Auftrag der Regierung Forschung betreiben (FFRDCs), sowie ausländische Institutionen.[20] Gerade für Wirtschaftsunternehmen können sich aus der Zusammenarbeit mit der DARPA weitere Folgeaufträge von Seiten des Verteidigungsministeriums ergeben, wenn aus FuE-Projekten neue Technologien für das US-Militär hervorgehen. Die Einbindung der Wirtschaft hat aber noch einen weiteren positiven Effekt. Indem die DARPA und auch die ARPAs im Allgemeinen Aufträge an Privatunternehmen vergeben, tragen sie zur Erhaltung der Grundlagenforschung (mit hohen Spillover-Effekten) in der Wirtschaft bei. Daten zur FuE-Tätigkeit in den USA lassen nämlich erkennen, dass die Ausgaben für Forschung und Entwicklung in großen Unternehmen seit den 1990 Jahren rückläufig sind (Arora et al. 2015).

[20] National Center for Science and Engineering Statistics Database: https://ncsesdata.nsf.gov/fedfunds/2018/html/ffs18-dt-tab008.html; letzter Abruf Mai 2020.

Abbildung 3-1: FuE-Ausgaben der DARPA nach Empfänger



Quelle: NCSES Database. FY2019. https://ncsesdata.nsf.gov/fedfunds/2018/html/ffs18-dt-tab008.html; letzter Abruf Mai 2020.

3.8 Charakteristische Merkmale des ARPA-Modells

Im Folgenden werden auf der Grundlage von Evaluationsstudien, Jahresberichten und Strategiepapieren Faktoren herausgearbeitet, die für die Herangehensweise der ARPAs typisch sind. Im Fokus stehen hierbei Organisationslogiken und Anreizstrukturen. Welche Rolle spielt Wettbewerb? Nach welchen Kriterien findet die Mittelvergabe statt? Und wie wird mit erfolglosen Projekten umgegangen?

Unabhängigkeit und kurze Entscheidungswege

ARPA Agenturen wurden bewusst als eigenständige Organisationen und nicht als Abteilungen innerhalb der bestehenden Administration gegründet. Zwar untersteht beispielsweise die DARPA dem Verteidigungsministerium und die ARPA-E dem Energieministerium, aber die Agenturen genießen große Freiheiten bei der Definition und Durchführung ihrer Programme. Nichtsdestotrotz geben die Ministerien die übergreifenden Ziele vor und sind wichtige politische Unterstützer. Der*die Direktor*in der ARPA-E berichtet beispielsweise direkt an den*die Energieminister*in, wodurch die ARPA-E viele Bürokratiestufen überspringen kann und Konflikte mit anderen Forschungseinrichtungen innerhalb des Ministeriums umgeht (Azoulay et al. 2019b). Ähnlich ist die Situation bei der DARPA, wo ebenfalls direkt der Leitungsebene im Verteidigungsministerium berichtet wird. Darüber hinaus spielen bei der Fördervergabe Länderproporze oder ähnliches zumindest formal keine Rolle. Förderentscheidungen werden auf Grundlage des Innovationspotenzials getroffen. Über die Budgets für Fördereinrichtungen wie der DARPA oder der NSF

entscheidet der Haushaltsausschuss des US-Kongresses. Grundsätzlich haben die Ausschussmitglieder dabei die Möglichkeit die Priorität einzelner Projekte festzulegen, sogenannte „earmarks“. Diese Möglichkeit nutzen die Abgeordneten durchaus, um Investitionen und Gelder in ihre Wahlkreise zu lenken (Aghion et al. 2010). Im Falle der DARPA wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass die Organisation in der Lage ist, Einmischungen durch den US-Kongress bei der Technologieförderung größtenteils zu vermeiden (Windham, Van Atta 2019; Bonvillian, Van Atta 2011, Bonvillian, Van Atta 2019: 382).

In den ARPA Agenturen sind zudem die Verwaltungsebenen auf ein Minimum reduziert, wodurch schnelle und unbürokratische Entscheidungen getroffen werden können. Im Falle der DARPA existieren nur zwei Hierarchiestufen im Management. Die Abteilungsleiterebene und die Agenturleitungsebene. Bei der ARPA-E ist es noch eine Ebene weniger. Hier sind Programm-Manager*innen direkt dem*der stellvertretenden Direktor*in für Technologie unterstellt (Azoulay et al. 2019b). Die flachen Hierarchien sind aus zwei Gründen möglich: zum einen, weil die eigentlichen FuE-Aktivitäten außerhalb der Agenturen stattfinden und zum anderen, weil auch die Abteilungs- und Agenturleitung vertieftes technisches Know-how besitzen. Dadurch sind sie in der Lage, geeignete Programm-Manager*innen zu rekrutieren und das Potenzial von FuE-Projekten selbst zu bewerten (Windham, Van Atta 2019).

Flexible Einstellungs- und Vergabeverfahren

ARPA Organisationen unterliegen Sonderregelungen bezüglich der Einstellung von Personal und der Vergabe von Fördergeldern. Etwa kann die DARPA Programm-Manager*innen aus anderen öffentlichen Einrichtungen wie Universitäten oder Regierungsbehörden per „Intergovernmental Personnel Agreements“ (IPA) einstellen. Hierbei handelt es sich um Abordnungen, bei denen die eingestellte Person temporär der DARPA zugeordnet wird, ohne ihr Vertragsverhältnis mit der ursprünglichen Institution zu beenden. Für Personen aus der Privatwirtschaft bestehen ähnliche Regelungen. Darüber hinaus können die Agenturen Gehälter außerhalb der Tarifstrukturen vereinbaren, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. So ist es den Innovationsagenturen möglich, schnell geeignetes Personal einzustellen (Windham, Van Atta 2019).

Neben den vereinfachten Einstellungsverfahren verfügen DARPA und ARPA-E auch über besondere Vergabeverfahren, die über die regulären Fördermöglichkeiten hinausgehen. Die Agenturen sind autorisiert, Verträge mit Dritten zu schließen, die nicht der Bundesbeschaffungsverordnung unterliegen. Somit sind sie beispielsweise in der Lage, in kürzester Zeit Millionensummen für den Bau von Prototypen bereitzustellen oder Preisgelder auszuloben (Azoulay et al. 2019b).

Personenzentrierter Ansatz

Eine Besonderheit der ARPA Organisationen ist der personenzentrierte Ansatz der Innovationsförderung. Die Programm-Manager*innen nehmen hierbei eine Schlüsselposition ein, da sie von

der Projektidee bis zum ersten Prototyp die Fäden in der Hand halten. Die Programm-Manager*innen werden in der Regel aus technischen Feldern in der Wissenschaft, Industrie oder der Regierung rekrutiert und für den Zeitraum von drei bis fünf Jahren bei den ARPA Organisationen angestellt (Abb. 3-2). Keine dieser Positionen ist unbefristet, weshalb etwa 20% der Programm-Manager*innen jedes Jahr ersetzt werden müssen (Ranka 2019: 304; NRC 2017). Die hohe Fluktuationsrate ist als wichtiger Funktionsmechanismus hervorzuheben. Die Agenturen erhalten somit regelmäßig neue Impulse aus verschiedenen Branchen und Programm-Manager*innen verlieren bei einem kürzeren Aufenthalt nicht den Anschluss an ihre vorherigen Netzwerke (DARPA 2016; Azoulay et al. 2019b: 77).

Die Programm-Manager*innen kommen in der Regel mit einer technischen Vision an die Agentur oder werden zur Lösung einer Problemstellung rekrutiert. Ihre Aufgabe besteht dann zunächst darin, ein FuE-Programm zu konzipieren, das aus verschiedenen Unterprojekten bestehen kann. Durch die Zusammenarbeit mit der Research Community, Hospitationen und Stakeholder Meetings konkretisieren sie ihr FuE-Vorhaben. Dieser Prozess nimmt mitunter mehr als ein Drittel der Vertragslaufzeit ein. Nach der Explorationsphase präsentieren die Programm-Manager*innen ihr Forschungsvorhaben der ARPA Leitung (Azoulay et al. 2019b: 78; Piore et al. 2019: 53). Im Falle der Annahme erstellen sie in der DARPA ein Broad Agency Announcement (BAA). Hierbei handelt es sich um eine Ausschreibung, die die genauen Ziele des Projekts sowie Voraussetzungen und Auswahlkriterien für die potentiell ausführenden FuE-Partner definiert. Interessierte Unternehmen oder Forschungseinrichtungen können daraufhin Angebote einreichen. Die Programm-Manager*innen beurteilten die Angebote mit Unterstützung eines Teams von Regierungsexperten und treffen die Auswahl der zu fördernden Partner.

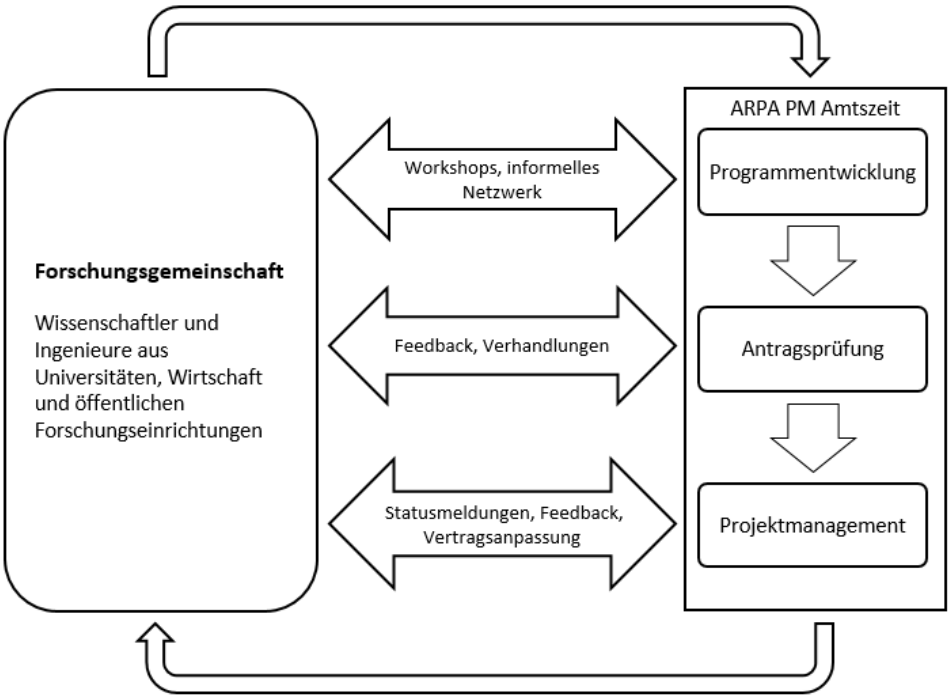
Im Gegensatz zu anderen öffentlichen Förderinstitutionen behalten die ARPAs auch nach der Mittelvergabe Kontrolle über die Ausführung der FuE-Tätigkeit. Die Programm-Manager*innen wählen die Dienstleister nicht nur aus, sondern leiten sie auch bei ihrer Arbeit an. Dafür sind die Programm-Manager*innen mit umfassenden Entscheidungsbefugnissen ausgestattet. Sie legen Budgets, technische Ziele und Meilensteine fest. Letztere werden laufend überprüft. Die Geförderten müssen zudem vierteljährlich Fortschrittsberichte präsentieren (Azoulay et al. 2019b: 83; Jackel 2019: 317 f; DARPA 2016). Sollte sich herausstellen, dass ein Projekt nicht die gewünschten Ergebnisse erbringt, kann so schnell gegengesteuert werden. Erfolglose Projekte werden in ARPAs rigoros gestoppt und die Ressourcen auf erfolgversprechendere Projekte verteilt (DARPA 2016: 8). Voraussetzung dafür ist der Portfolioansatz. Innerhalb eines Programms werden in der Regel mehrere Ansätze parallel gefördert, wodurch das Aus eines Projekts nicht das Ende des Programms bedeutet. Ein Nebeneffekt ist der Wettbewerb zwischen verschiedenen Projektteams. Da Ressourcen zu den erfolgreichsten Ansätzen innerhalb eines Programms verschoben werden und nicht alle Teilprojekte bis zum Abschluss gebracht werden, haben die Beteiligten einen Anreiz schnell Fortschritte zu machen (Waibel 2019). Das Scheitern von Projekten wird in den

ARPA Organisationen als Teil des Innovationsprozesses in Kauf genommen. Auf Grund der ambitionierten Ziele ist von vornherein klar, dass nur ein Bruchteil der Projekte, bei der DARPA zwischen 5-10%, den Transfer in die Endanwendung schaffen (Ranka 2019: 307; DARPA 2016).

Aufbau von Netzwerken

Neben der Finanzierung von FuE-Projekten gehört der Aufbau von Netzwerken zu den wichtigsten Aufgaben der ARPAs. Gerade bei neuen Technologieansätzen existieren noch keine gewachsenen Strukturen. Die Forschungslandschaft ist zerstreut und die Forscher*innen erfahren noch wenig Unterstützung von der Wissenschaftsgemeinschaft. Da vorführbare Technik, wenn überhaupt, erst im Entstehen begriffen ist, ist auch das Interesse von Seiten der Wirtschaft oder Investor*innen in diesem Stadium meist noch gering. Den ARPA Programm-Manager*innen kommt hier eine wichtige Rolle als Netzwerker und Change Agent zu. Durch Meetings, Workshops und Seminare bringen sie Expert*innen aus verschiedenen Disziplinen und Organisationen zusammen, die normalerweise nicht zusammenarbeiten würden (Sen 2017: 715). Für das KI-Projekt CALO (siehe Box 1) wurden beispielsweise Expert*innen der Bereiche Maschinelles Lernen, Verhaltenswissenschaften und Computerlinguistik aus über 20 Organisationen rekrutiert, um ein neuartiges, digitales Assistenzsystem zu kreieren. Neben der Vernetzung von Expert*innen spielt seit einigen Jahren auch die Einbindung einer zunehmend fragmentierten Industrielandschaft eine größere Rolle. Programm- Manager*innen bringen hier etablierte Zulieferer und Start-ups zusammen und fördern so einen frühen Wissensaustausch. Durch die Vernetzung mit der Wirtschaft sollen auch potentielle Erstanwender*innen für Innovationsprojekte akquiriert werden (Fuchs 2019: 222f). Als Change Agents treten die Programm-Manager*innen zudem als Fürsprecher neuer Technologien auf. Sie werben bei Stakeholdern aus Politik und Verwaltung, etwa dem Verteidigungsministerium, um Unterstützung für ihre Projekte. Im Falle der DARPA kommt noch hinzu, dass sich die Agentur über die Jahrzehnte ihres Bestehens ein Netzwerk aus ehemaligen Förderempfängern und Programm-Manager*innen aufgebaut hat, das sich über Wissenschaft, Verwaltung und die Wirtschaft erstreckt. Hierdurch werden Informationsflüsse und Kooperationen begünstigt, die auch für den Transfer von Innovationen in die Praxis von Bedeutung sind (Bonvillian, Van Atta 2019: 372).

Abbildung 3-2: Projektablauf von ARPA Programm-Manager*innen



Quelle: Basierend auf Azoulay et al. (2019b)

Besonderheiten der Projektauswahl

Ein wichtiger Unterschied im geschilderten Auswahlprozess durch die Programm-Manager*innen ist der Verzicht auf Peer-Review-Verfahren, wie sie etwa bei der NSF und den NIH angewandt werden. Im Fall der DARPA bestimmen die Programm-Manager*innen selbst Gutachter*innen und leiten diese an, sind aber nicht an deren Empfehlungen gebunden (Jackel 2019: 317). Bei der ARPA-E sind die Handlungsspielräume diesbezüglich geringer und externe Gutachter*innen spielen eine größere Rolle. Dennoch unterscheidet sich das Peer-Review-Verfahren hier ebenfalls von gängigen Ansätzen wie Goldstein und Kearny (2018) aufzeigen. Die Wissenschaftler*innen untersuchten die Peer-Review-Ergebnisse der ARPA-E im Zeitraum 2009-2015 und kamen zu dem Ergebnis, dass Programm-Manager*innen nicht immer den Empfehlungen der externen Gutachter*innen folgten, sondern auch schlechter bewertete (evtl. umstrittenere) Projekte auswählten. ARPA-Manager*innen reagieren damit auf das Problem, dass gerade innovative Ideen, die bestehende Ansätze in Frage stellen, in Peer-Review-Verfahren schlechtere Chancen haben (Azoulay et al. 2019b: 80; Piore et al. 2019).

Box 1: Sprachassistent Siri

SIRI, der erste virtuelle persönliche Assistent, geht auf das „Cognitive Assistant that Learns and Organizes“ (CALO) Projekt der DARPA zurück, das die militärische Entscheidungsfindung effizienter gestalten sollte. Die Federführung wurde dabei dem kalifornischen Forschungsinstitut SRI übertragen, das über fünf Jahre 150 Mio. US-$ Dollar Fördermittel erhielt. 2007 gründete SRI die Firma Siri Inc. aus. Siri war der erste massentaugliche virtuelle Assistent, der in der Lage war natürliche Sprachbefehle zu verstehen und Informationen aus dem Internet zu einer Antwort zusammenzustellen. Im Jahr 2010 wurde Siri Inc. schließlich vom Apple-Konzern aufgekauft. Die Assistenzsoftware ist nun seit 2011 standardmäßig auf allen iPhone-Modellen vorhanden.

Quelle: Itif 2014: 13f.

Ein weiterer Ansatz der ARPAs zur Innovationsförderung sind Wettbewerbe. Sie erlauben es, relativ kostengünstig Ideen zu generieren und FuE-Projekte anzustoßen. Bekannte Wettbewerbe sind die „DARPA Grand Challenges“, die in den Bereichen Robotik und autonomes Fahren wichtige Grundsteine für die weitere Entwicklung legen konnten. In der Challenge zum autonomen Fahren lobte die DARPA beispielsweise ein Preisgeld von zwei Mio. US-$ für das Team aus, welches in der Lage ist, ein Fahrzeug zu konstruieren, das selbständig einen 212 Kilometer langen Wüstenparcours meistern kann.[21] Vorteil der Challenges ist ihre Teilnehmeroffenheit, welche die Gefahr verringert, sich bei der Innovationsförderung zu sehr auf etablierte Expert*innen zu fokussieren (DARPA 2016).

Technologietransfer

Eine wichtige Eigenschaft der ARPAs ist ihre Anbindung an Bundesministerien, die sowohl als Erstanwender als auch politische Unterstützer der Innovationsagenturen agieren. Im Falle der DARPA besteht von Seiten des Verteidigungsministeriums großes Interesse, die technischen Innovationen für das Militär zur Anwendungsreife zu bringen (Windham; Van Atta 2019: 22; DARPA 2018: 18). Mit einem FuE-Budget von 52 Mrd. US-$ und eigener Forschungsinfrastruktur ist das Verteidigungsministerium ein denkbar wichtiger Abnehmer, der Innovationsanstöße der DARPA in die praktische Umsetzung bringt. So sorgen beispielsweise Entscheider*innen aus dem Verteidigungsministerium dafür, dass die U.S. Air Force die von der DARPA entwickelte Tarnkappentechnik bei sich einsetzte. Die DARPA arbeitet aber auch direkt mit privatwirtschaftlichen Firmen zusammen, etwa im Bereich der Halbleitertechnik oder des autonomen Fahrens. Beim Techno-

[21]DARPA Grand Challenge: https://www.darpa.mil/about-us/timeline/-grand-challenge-for-autonomous-vehicles; letzter Abruf Mai 2020.

logietransfer spielt hier das Bayh-Dole-Gesetz eine größere Rolle, das es Universitäten und kleinen Unternehmen erlaubt, geistiges Eigentum, welches mit Hilfe von staatlichen Mitteln erworben wurde, zu verwerten (Grimaldi et al. 2011). Das macht es auch für Firmen interessant, mit der DARPA zu kooperieren.

Box 2: DARPAs LUKE Arm

Zur besseren Versorgung von Kriegsveteranen legte die DARPA 2006 das Revolutionizing Prosthetics Programm auf. Ziel war die Entwicklung von leistungsfähigeren, marktreifen Prothesen, die über Nervenimpulse gesteuert werden können. Die DARPA rekrutierte dafür 2004 den Militärarzt Geoffrey Ling, selbst Veteran und Spezialist für Neurologie, als Programm-Manager. Das Programm bestand hauptsächlich aus zwei Projekten. Das größere davon wurde vom Applied Physics Lab an der Johns Hopkins Universität durchgeführt und umfasste ein Konsortium aus 30 Forschungseinrichtungen und Unternehmen, die u.a. an intramuskulären Implantaten arbeiteten. Das zweite Projekt ging an die Firma DEKA Research and Development, die parallel einen nichtinvasiven Ansatz verfolgte. 2014 konnte DEKA die behördliche Zulassung für ihre neuartige Prothese LUKE Arm vermelden. Die Prothese erlaubt es als erste, (elektrisch) angetrieben, mehrere Bewegungen gleichzeitig auszuführen, wodurch komplexe Bewegungsabläufe möglich sind. Seit dem Jahr 2017 ist die Prothese auf dem Markt. Erster Abnehmer war das Kriegsveteranenministerium, welches bereits bei der Entwicklung und Finanzierung der Prothese involviert war.

Quelle: https://www.research.va.gov/research_in_action/The-LUKE-DEKA-advanced-prosthetic-arm.cfm; letzter Abruf Mai 2020. Cheney und Van Atta 2019: 279.

Die ARPA-E ist dem Energieministerium unterstellt und weiß somit ebenfalls einen der größten staatlichen FuE-Geber hinter sich. Im Gegensatz zur DARPA tritt das Energieministerium jedoch nicht als Erstabnehmer in Erscheinung, da die Zielgruppe der ARPA-E privatwirtschaftliche Energieversorger sind. Dementsprechend spielt hier die Kommerzialisierung von neuen Technologien eine bedeutendere Rolle. Bei der ARPA-E existiert deshalb ein eigenes Vermarktungs-Team, das den Innovationsprojekten zur Seite steht. Darüber hinaus muss bereits im Projektantrag dargelegt werden, wie eine neue Technologie in den Markt eingeführt werden könnte (Sen 2017: 715).

3.9 Zwischenfazit: Besonderheiten der amerikanischen Innovationsförderung

Blickt man auf die eben dargelegte amerikanische Forschungs- und Entwicklungslandschaft zurück, fallen mehrere Aspekte ins Auge. Zunächst einmal existiert eine starke Konzentration der staatlichen FuE-Förderung auf der föderalen Ebene. Fast die gesamte öffentliche Innovationsförderung läuft über die Bundesbehörden ab. Darüber hinaus wird FuE in den USA auch gezielt durch die öffentliche Beschaffung und Partnerschaften mit privaten Forschungseinrichtungen (FFRDCs) gefördert. Eine weitere Auffälligkeit ist die Themenbezogenheit der Fördereinrichtungen. Mit Ausnahme der NSF sind die Behörden und Agenturen alle auf spezifische Themenfelder ausgerichtet. Die NIH auf medizinische Forschung, die ARPA-E auf Energieversorgung und die DARPA auf Militärtechnologie. Im Falle der Covid-19-Pandemie eröffnet die gebündelte Fachkompetenz und die daraus entstehende Vernetzung den NIH die Möglichkeit, eine Koordinierungsfunktion bei der Entwicklung von Impfstoffen und Medikamenten gegen Covid-19 einzunehmen. Je nach Förderinstitution zeigen sich auch Unterschiede bei der Vergabe von Forschungsmitteln. Während Organisationen wie NSF und NIH hauptsächlich auf Peer-Review-Verfahren setzen, sind bei den auf Sprunginnovationen fokussierten ARPA-Agenturen Wettbewerbe und die personenzentrierte Vergabe von Mitteln die gängige Methode. Bei Letzterem sind Fachexpert*innen, sogenannte Programm-Manager*innen, für die Selektion der Förderempfänger aber auch für deren Anleitung zuständig. Sie sind darüber hinaus Netzwerker, die Experten und Stakeholder zusammenbringen. Die ARPAs setzen bei ihrer Förderung auf einen Portfolioansatz, bei dem mehrere risikoreiche Ansätze zur Lösung eines Problems parallel verfolgt werden. Dies sorgt zum einen für Wettbewerb zwischen den Geförderten und zum anderen findet so eine Risikostreuung statt. Proporz über Regionen und Bundesstaaten spielt zumindest formal keine Rolle; maßgeblich für Förderung ist allein das Innovationspotenzial. Eine weitere Besonderheit der amerikanischen Sprunginnovationsförderung ist im Falle der DARPA die Rolle des Militärs. Das Verteidigungsministerium ist der wichtigste Abnehmer neuer Entwicklungen der DARPA. Das hat zur Folge, dass hier der kritische Schritt der Umsetzung von Innovationen in Geschäftsmodelle nur eine untergeordnete Rolle spielt.

4 Forschungs- und Innovationslandschaft in der EU

Die Europäische Union (EU) zählt zwar zu den forschungsintensivsten Regionen weltweit, im Vergleich zu den direkten Konkurrenten im weltweiten Innovationswettbewerb schneidet sie jedoch nicht so gut ab. Die FuE-Intensität, also die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) relativ zum Bruttoinlandsprodukt, lag in der EU bei 2,0%. Damit wurde sie kürzlich von China überholt, das inzwischen 2,2% seines Bruttoinlandsprodukts in Forschung und Entwicklung steckt. In den USA liegt die FuE-Intensität mit 2,8% deutlich höher. Knapp davor liegen Deutschland (3,1%) und Japan (3,3%). Es führt mit deutlichem Abstand Korea (4,5%).[22] Doch nicht nur die geringere Höhe der Ausgaben für Forschung und Entwicklung in der EU geben Grund zur Sorge. Auch das Fördersystem weist im Vergleich zu den USA noch Verbesserungspotenzial auf.

Eine Analyse und Verbesserungsvorschläge für die EU Forschungs- und Innovationsprogramme erarbeitete 2017 im Auftrag der Europäischen Kommission eine Expertengruppe um den früheren Präsidenten des Jacques-Delors-Instituts Pascal Lamy. Ein Kernpunkt ihrer Analyse ist, dass Europa beim Hervorbringen neuen Wissens im internationalen Vergleich zwar sehr gut ist, bei der Weiterentwicklung dieses Wissens in Innovationen und Wachstum besteht jedoch noch Verbesserungspotential (Lamy et al. 2017). Auch das EU Innovation Scoreboard 2020 zeigt, dass die EU zwar eine starke Innovationsleistung aufweist, aber im Vergleich zu den globalen Spitzenreitern wie Südkorea noch Aufholpotential hat. Innerhalb der EU erreicht Schweden zum wiederholten Mal den ersten Platz des Rankings, gefolgt von Finnland, Dänemark, den Niederlanden und Luxemburg. Deutschland erreicht Platz 7.[23]

Die Bedeutung der Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovationen durch die Europäische Kommission ist in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten deutlich gestiegen. Dies zeigt sich zum einen am Anstieg des entsprechenden Budgets und zum anderen an der Ausgestaltung der Programme insbesondere hinsichtlich des stärkeren Fokus auf Innovationen, d.h. der Entwicklung neuer Produkte, Prozesse und Dienstleistungen und deren Markteinführung.

Nationale FuE-Förderung deutlich bedeutender als EU-Fördermittel

Spalte 3 in Tabelle 4-1 zeigt den Aufwuchs des Budgets für die EU-Rahmenprogramme für FuE. Besonders seit dem Jahr 2002 ist das Budget deutlich gestiegen: von 17,5 Mrd. € im 6. Rahmenprogramm (RP) auf 74,8 Mrd. € für Horizon 2020 (8. RP).[24] Dabei bezieht sich die Summe jeweils auf die gesamten sieben Jahre eines EU-Budgets bzw. Rahmenprogramms. Von 2014-2020 för-

[22] OECD Innovation and Technology Indicators: https://data.oecd.org/innovation-and-technology.htm; letzter Abruf Mai 2020.

[23] https://ec.europa.eu/germany/news/20200623-innovationsanzeiger_de; letzter Abruf Mai 2020.

[24] Zusätzlich zu den Fördermitteln aus Horizon 2020 fördert die Europäische Kommission FuE mit etwa 44 Mrd. € aus den Struktur- und Investitionsfonds. Darüber hinaus gehen knapp 5 Mrd. € an ITER, Euratom und RFCS. Die Europäische Kommission wird im Zeitraum 2014-2020 insgesamt 123 Mrd. € für die Förderung von FuE verwendet haben (Weber at al. 2018).

derte die EU FuE mit durchschnittlich gut 7 Mrd. € pro Jahr. Für das kommende Rahmenprogramm Horizon Europe (2021-2027) plant die Europäische Kommission ein Budget von knapp 100 Mrd. €, d.h. etwa 14 Mrd. € jährlich.

Auch wenn die Bedeutung der EU-Mittel für die Förderung von FuE in den Mitgliedstaaten im Laufe der Rahmenprogramme deutlich gestiegen ist (Tabelle 4-1, Spalte 7), ist die nationalstaatliche Finanzierung noch immer die mit Abstand wichtigere Finanzierungsquelle. Der Anteil der EU-Finanzierung an der staatlichen Finanzierung von FuE (Gesamtförderung EU und Nationalstaaten) lag in den Mitgliedstaaten im Zeitraum 2014 - 2020 bei 11,2%. Im Vergleich betrug in den USA im Jahr 2018 der Anteil der Bundesregierung an der staatlichen Finanzierung von FuE (Gesamtförderung Bundesregierung und Bundesstaaten) 96%. Damit ist die FuE-Förderung in den USA sehr viel zentrierter organisiert als in der EU.

Tabelle 4-1: Umfang der EU-Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung im Vergleich zu den FuE-Ausgaben der EU-Mitgliedstaaten

	Laufzeit	Budget der Rahmenprogramme in Mrd. € (laufende Preise)	Jahresdurchschnitt in Mrd. € (zu Preisen von 2000)	durchschnittliche jährliche reale Wachstumsrate in %	Anteil am gesamten EU-Haushalt in %	Anteil RP an nationaler staatlicher FuE-Finanzierung der Mitgliedstaaten* in %	Anteil RP an gesamten FuE-Ausgaben der Mitgliedstaaten* in %
1. RP	1984-1987	3,8	1,95		2,4	4,2	1,8
2. RP	1987-1990	5,4	2,46	8,1	3,2	5,1	2,1
3. RP	1990-1994	6,6	1,96	-7,3	4,0	4,0	1,6
4. RP	1994-1998	12,3	3,27	13,7	4,0	6,4	2,4
5. RP	1998-2002	15,0	3,71	3,2	4,2	6,7	2,3
6. RP	2002-2006	17,5	3,55	-1,1	4,2	4,5	1,8
7. RP	2007-2013	55,8	6,44	8,9	5,5	8,8	3,2
H2020	2014-2020	74,8	7,87	2,9	7,3	11,2[a)]	3,7[a)]

* im jeweiligen Jahr der Programmlaufzeit
a) 2/7 der Summe von H2020 in % der FuE-Ausgaben 2014 und 2015.
Quelle: Rammer et al. (2011), EU-Büro des BMBF; Berechnungen AIT

Quelle: Weber et al. 2018.

Innovationsorientierung

In Horizon 2020 wird im Vergleich zu den vorangegangenen Rahmenprogrammen der Innovations- und Transfercharakter stärker betont. Dafür wurden neue Förderinstrumente eingeführt, wie die Innovationsmaßnahmen (IA). Dies sind Maßnahmen, die auf die Erarbeitung von neuen, veränderten oder verbesserten Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen sowie die Erstellung von Prototypen, Tests, Demonstrationen, Pilotprojekten und Produktvalidierung abzielen. Außerdem wurde ein Instrument für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) konzipiert, das die

Förderlücke bei hochriskanter Forschung und Innovation in einer frühen Phase des Innovationsprozesses überbrücken soll (SME-1). Darüber hinaus wurde die Pilotmaßnahme „Fast Track to Innovation“ eingeführt, um zeitkritische europäische Innovationsvorhaben zu fördern und die Dauer bis zur Markteinführung zu verkürzen (Weber et al. 2018).

Kernelemente von Horizon Europe (2021-2027)

Derzeit laufen die Verhandlungen über das EU-Budget für die Jahre 2021-2027. Im Zuge dieser Verhandlungen wird auch das Budget für das kommende Forschungsrahmenprogramm Horizon Europe abgestimmt. Die Europäische Kommission hat dafür für die 7 Jahre insgesamt ein Budget in Höhe von 97,6 Mrd. € vorgesehen. Dazu kommen noch mal 2,4 Mrd. € für das Forschungs- und Ausbildungsprogramm von Euratom (Europäische Kommission 2018).

Horizon Europe gliedert sich in drei Pfeiler: Wissenschaftsexzellenz, Globale Herausforderungen und industrielle Wettbewerbsfähigkeit und Innovatives Europa. Abbildung 4-1 gibt einen Überblick über die vorläufige Struktur von Horizon Europe.

Abbildung 4-1: Vorläufige Struktur des 9. Forschungsrahmenprogramms Horizon Europe

Quelle: www.bmbf.de/de/horizont-europa---das-naechste-eu-rahmenprogramm-fuer-forschung-und-innovation-startet-6394.html; letzter Abruf Mai 2020.

Im Rahmen des Pfeilers „Wissenschaftsexzellenz“ (auch „offene Wissenschaft genannt 25,8 Mrd. €) werden zum einen durch den Europäischen Forschungsrat (European Research Council, ERC) herausragende Forschungsprojekte gefördert, deren Themen von den Forscher*innen selbst vorgeschlagen werden. Zum anderen werden durch die Marie-Skłodowska-Curie Maßnahmen Stipendien und Austauschmaßnahmen gefördert. Darüber hinaus werden Investitionen in Forschungsinfrastrukturen gefördert (Europäische Kommission 2018).

Der Pfeiler „Globale Herausforderungen und industrielle Wettbewerbsfähigkeit“ (52,7 Mrd. €) zielt darauf ab, europaweit Forschungsarbeiten zu gesellschaftlichen Herausforderungen direkt zu unterstützen sowie entsprechende technologische und industrielle Kapazitäten zu erweitern. Teil dieses Pfeilers ist auch die Gemeinsame Forschungsstelle (Joint Research Centre, JRC), die für die politischen Entscheidungsträger der EU und die Mitgliedstaaten unabhängige wissenschaftliche Informationen bereitstellt (Europäische Kommission 2018).

Der Pfeiler „Offene Innovation“ (auch „Innovatives Europa“ genannt, 13,5 Mrd. €) enthält mit dem Europäischen Innovationsrat (10 Mrd. €; European Innovation Council, EIC) eine wichtige Neuerung in der EU-Förderlandschaft; damit soll Europa zum Vorreiter bei marktschaffenden Innovationen werden. Darüber hinaus soll das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (3 Mrd. €; European Institute of Innovation and Technology, EIT) gestärkt werden und so eine engere Verzahnung von Wirtschaft, Forschung, Hochschulbildung und Unternehmertum erreicht werden (Europäische Kommission 2018).

4.1 Der Europäische Innovationsrat

Die wahrscheinlich wichtigste Neuerung bei Horizon Europe ist die Etablierung des Europäischen Innovationsrates (European Innovation Council, EIC). Die Motivation für den EIC ist der Befund, dass Europa bei FuE-Ausgaben und wissenschaftlicher Exzellenz zwar weltweit eine Spitzenposition einnimmt. Bei der Umsetzung dieser Erfolge in marktfähige Innovationen, insbesondere disruptive Innovationen bzw. Sprunginnovationen, die zu neuen Märkten und schnell wachsenden Unternehmen führen, ist Europa jedoch deutlich weniger erfolgreich. Der EIC soll daher Forscher*innen und Innovator*innen bei der Entwicklung bahnbrechender Innovationen unterstützen, die das Potenzial haben, neue Märkte zu schaffen und Arbeitsplätze, Wachstum und Wohlstand in Europa zu fördern. Damit lehnt sich der EIC an dem ARPA-Konzept[25] der Förderung von disruptiven Innovationen an.

Ähnlich wie der Europäische Forschungsrat (European Research Council, ERC, Kapitel 4.2), der sich als erfolgreiches Förderinstrument für exzellente Wissenschaft erwiesen hat, setzt der EIC auf Exzellenz. Der EIC wurde 2018 als Pilotprojekt gestartet und läuft in dieser Form bis einschließlich 2020. Ab 2021 soll der EIC im Rahmen des Forschungsrahmenprogramms Horizon Europe verstetigt werden. Für die Aktivitäten des EIC ist für die Jahre 2021 bis 2027 ein Budget in Höhe von 10 Mrd. € vorgesehen. Dafür gibt es vier Förderlinien: Pathfinder, Accelerator, Fast Track to Innovation und Preise.[26]

[25] Für das ARPA-Konzept vgl. Kapitel 3.6 und 3.7.

[26] Die Ausführungen zum EIC beruhen auf Europäische Kommission (2019) und Informationen der Nationalen Kontaktstelle zum EU-Programm Horizont 2020: https://www.nks-kmu.de/foerderung-eic.php; letzter Abruf Mai 2020.

Für die Verstetigung des EIC nach der Pilotphase plant die Europäische Kommission, Programm-Manager*innen einzustellen. Diese sollen herausragende Kenntnisse in neuen Technologien haben und praktische Unterstützung für Projekte leisten.

Förderlinien des Europäischen Innovationsrates

Die **Pathfinder** Förderlinie richtet sich vor allem an Forschungsprojekte in einem frühen Stadium. Die Projekte müssen interdisziplinär sein, auf eine radikale technologische Neuerung abzielen und das Potenzial haben, neue Märkte zu schaffen und gesellschaftliche und ökonomische Wirkung zu entfalten. Im Rahmen der Pathfinder Förderlinie gibt es sowohl themenoffene als auch themenspezifische Ausschreibungen. Die einzelnen Projekte werden mit bis zu 4 Mio. € gefördert. Von Antragstellung bis zu Förderbeginn, im Falle einer positiven Entscheidung, liegen ca. acht Monate.

Das **Accelerator** Programm unterstützt kleine und mittlere Unternehmen, die risikoreiche Projekte mit hohem Potenzial durchführen, bei der Entwicklung und Vermarktung neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Die Förderung besteht entweder nur aus einem Zuschuss (max. 2,5 Mio. €) oder aus einem Zuschuss und einer Risikokapitalbeteiligung (max. 15 Mio. €). Die Antragsteller*innen werden innerhalb von einem Monat über das Ergebnis ihres Antrags informiert. Im Falle einer positiven Entscheidung erhalten die Antragsteller*innen die Förderung innerhalb von fünf Monaten.

Abbildung 4-2: Kernelemente der Förderinstrumente des European Innovation Council (EIC)

Förderlinie Pathfinder	Förderlinie Accelerator
Zielgruppe: Forscher*innen und Technolog*innen	Zielgruppe: Startups, KMU und Entrepreneure
Förderung von grundlegend neuen Technologien aus kooperativer Forschung	Förderung der Entwicklung und Skalierung von Hoch-Risiko-Innovationen
Zuschüsse bis zu 4 Mio. € (100% der Kosten, vom Proof of Concept bis zur Demonstration der wirtschaftlichen Tragfähigkeit)	Zuschüsse bis zu 2,5 Mio. € (75% der Kosten), Möglichkeit von Eigenkapitalbeteiligung bis zu 15 Mio. €
Coaching und Mentoring durch den EIC	Coaching und Mentoring durch den EIC sowie Kontaktvermittlung zu Unternehmen, Venture Capital Gebern etc.
Für Großteil der Förderung keine thematischen Vorgaben. Zudem Förderung strategischer Durchbruchstechnologien basierend auf Challenges	Keine thematischen Vorgaben

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Europäische Kommission 2019.

Im April 2020 hat die EU Kommission das Budget des Accelerator Programms um 150 Mio. € erhöht. Diese zusätzlichen Mittel werden eingesetzt, um Start-ups und KMU zu unterstützen, die bahnbrechende Innovationen zur Bewältigung der Covid-19-Krise entwickeln.[27]

Die Förderlinie **Fast Track to Innovation** (FTI) ist themenoffen konzipiert. Ziel ist es, bahnbrechende technologische oder dienstleistungsbezogene Innovationen mit einem interdisziplinären und transsektoralen Ansatz zeitnah in marktreife Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle umzusetzen. Zum Zeitpunkt der Antragseinreichung müssen die Technologien schon weit fortgeschritten sein. Die Innovation bzw. das Produkt sollte innerhalb von drei Jahren nach Projektstart auf den Markt gebracht werden.

Die **Horizon Preise** werden für die Lösung einer vorgegebenen großen gesellschaftlichen Herausforderung ausgeschrieben. Dabei werden keine Vorgaben gemacht, wie die Aufgabe gelöst werden soll. Der Preis wird an diejenigen vergeben, die die Herausforderung am effektivsten gelöst haben. Die einzelnen Preise sind mit 5 oder 10 Mio. € dotiert. Die bisher im Pilotprojekt gestellten Aufgaben waren z.B. innovative Batterien für E-Mobile, Frühwarnsysteme für Epidemien oder erschwingliche Hochtechnologie für humanitäre Hilfe.

Der EIC hat ebenso wie die ARPAs das Ziel, disruptive Innovationen bzw. Sprunginnovationen zu fördern. Der Förderansatz unterscheidet sich aber in großen Teilen. Im ARPA-Konzept spielen die Programm-Manager*innen eine entscheidende Rolle. Sie definieren Aufgaben und Förderprogramme, wählen Partner*innen aus und sind zentral in die Projektsteuerung involviert. Zwar soll es auch im EIC Programm-Manager*innen geben, jedoch scheint ihre Rolle bei weitem nicht mit ähnlich hohen Entscheidungskompetenten ausgestattet. Ein großer Teil der Förderung des EIC wird „bottom-up“ sein, d.h. gesteuert durch die Vorschläge der Antragstellenden. Auch bei der fachlichen Spezialisierung, bzw. dem Fehlen dieser, unterscheidet sich der EIC vom ARPA-Konzept. Die verschiedenen ARPAs sind jeweils für einen Technologie- bzw. Anwendungsbereich zuständig, der EIC fördert alle Fachbereiche. Ähnlichkeiten zum ARPA-Konzept weist der EIC beim Förderinstrument Preise auf. Solche Wettbewerbe zur Lösung gesellschaftlicher oder technologischer Herausforderungen werden auch in den ARPAs eingesetzt.

Kritik der Expertenkommission Forschung und Innovation

Die Expertenkommission Forschung und Innovation, die die Bundesregierung in Bezug auf die Forschungs- und Innovationspolitik berät, hat sich 2018, zum Zeitpunkt als der EIC-Pilot anlief, skeptisch gegenüber dem Vorhaben EIC geäußert. Sie kritisierte, dass die inhaltliche Ausrichtung unzureichend begründet und die Einbindung in das institutionelle Gefüge der europäischen F&I-Politik unklar sei. Die Expertenkommission befürwortete zwar die Einrichtung einer Agentur für radikale Innovationen, stand aber den Überlegungen, dafür eine neue EU-Institution zu schaffen,

[27] https://ec.europa.eu/info/news/additional-eu150-million-european-innovation-council-fund-breakthrough-ideas-tackling-coronavirus-2020-apr-30_en&pk_campaign=rtd_news?pk_campaign=Newsletter%20May%202020; letzter Abruf Mai 2020.

skeptisch gegenüber. Sie empfahl stattdessen den Aufbau einer Institution zur Förderung radikaler Innovationen außerhalb der EU-Strukturen (EFI 2018).

4.2 Europäischer Forschungsrat

Der europäische Forschungsrat (European Research Council, ERC)[28] fördert wissenschaftliche Forschung in allen Fachrichtungen mit alleinigem Fokus auf Exzellenz. Es werden keine thematischen Vorgaben gemacht, sondern die Antragsteller schlagen Themen und Forschungsprojekte vor, die sie für spannend und relevant halten. Es gibt keine politisch gesetzten Prioritäten.

Die Förderlinien richten sich sowohl an Forscher*innen am Anfang ihrer Karriere als auch an etablierte Forscher*innen. Antragsberechtigt sind auch Nicht-EU-Bürger*innen, sie müssen allerdings in der EU leben. Ziel ist es, für die klügsten Köpfe Anreize zu setzten, in der EU zu arbeiten.

Die Auswahl der Projekte erfolgt in den 25 fachspezifischen Begutachtungspanels, die jeweils 10-15 Mitglieder haben. Im ersten Schritt des zweistufigen Auswahlprozesses wird der schriftliche Projektantrag von einigen Panelmitgliedern und ggfs. externen Gutachter*innen bewertet. Projekte, die als von hoher Qualität begutachtet wurden, kommen in die zweite Auswahlrunde. Hier stellen die Antragstellenden ihr Projekt persönlich vor dem Panel vor. Die Panelmitglieder erstellen schließlich ein Ranking der Finalisten. Gefördert werden die Projekte entsprechend des Rankings, bis das panelspezifische Budget aufgebraucht ist. Diese Art der Bestimmung eines Cut-offs für zu fördernde Projekte findet sich auch bei der Förderung der National Institutes of Health in den USA. Bezüglich der breiten, nicht auf ein spezifisches Fachgebiet ausgerichteten Förderung, ähnelt der ERC der National Science Foundation in den USA.

4.3 Das Europäische Innovations- und Technologieinstitut

Eine weitere Institution auf EU-Ebene, die auf die Förderung disruptiver Innovationen abzielt, ist das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (European Institute of Innovation and Technology, EIT).[29] Kern der Tätigkeit des EIT ist es, Innovationsaktivitäten europaweit zu bündeln und Innovationsökosysteme in bestimmten Themenkomplexen zu schaffen. Dafür fördert das EIT langfristige europäische Partnerschaften zwischen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen.

In themenspezifischen Knowledge and Innovation Communities (KIC) werden europaweite Kooperationen koordiniert und gefördert (seit dem Start des EIT im Jahr 2008 wurden acht KIC gegründet). Die Aktivitäten der KICs beziehen sich auf die gesamte Innovationskette: (Aus-)Bildungsprogramme, Innovationsprojekte sowie Gründerzentren und Acceleratoren für

[28] Zur Ausgestaltung des ERC vgl. https://erc.europa.eu/ und https://www.eubuero.de/erc-evaluation_en.htm; letzter Abruf Mai 2020.
[29] Die Ausführungen zum EIT beruhen auf Angaben auf der Website der Organisation: www.eit.europa.eu; letzter Abruf Mai 2020.

Unternehmen. Jede KIC ist eine juristisch unabhängige Organisation mit einem*einer CEO, der ihre Arbeit leitet. Die Förderung durch das EIT macht durchschnittlich nicht mehr als 25% des Gesamtbudgets eines KIC aus. Der Förderzeitraum für die einzelnen KICs liegt bei 7-15 Jahren.

4.4 EU-Förderung von Forschung zur Bekämpfung der Covid-19-Pandemie

Zur Bekämpfung der Covid-19-Pandemie hat die Europäische Kommission verschiedene Maßnahmen ergriffen und die Budgets zahlreicher Förderprogramme erhöht. Anfang April hat die Kommission zusammen mit den nationalen Ministerien für Forschung den ersten „ERAvsCorona Action Plan“[30] beschlossen. Dieser 10-Punkte-Aktionsplan zielt darauf ab, Forschung zu unterstützen, Aktivitäten zu koordinieren und Synergien innerhalb der Europäischen Wissenschafts- und Forschungsgemeinde zu realisieren.

Einer der Punkte des Aktionsplanes war die Einrichtung einer „one stop shop“-Plattform mit Informationen zu laufenden Fördermöglichkeiten von Covid-19 bezogener Forschung. Diese Plattform wurde im Mai in Betrieb genommen. Sie enthält neben aktuellen Informationen zu möglicher Förderung auf europäischer Ebene auch Informationen zu nationalen Förderinitiativen im Bereich Covid-19-Forschung. Außerdem werden laufende geförderte Projekte gelistet, um eine Koordination der Forschungsvorhaben zu erreichen.[31] Neben dieser Plattform für Forschungsförderung gibt es inzwischen auch eine Plattform zum Austausch von Forschungsdaten (European Covid-19 Data Platform). Diese wurde von der EU-Kommission in Kooperation mit mehreren Forschungseinrichtungen und -laboren eingerichtet. Dabei handelt es sich um eine sichere Plattform, auf der Forscher*innen Datensätze, z.B. DNA-Sequenzen, Proteinstrukturen, Daten aus der präklinischen Forschung und klinische Studien sowie epidemiologische Daten speichern und zur Verfügung stellen können.[32]

Bereits im Januar hat die EU-Kommission im Rahmen von Horizon 2020 die Ausschreibung „SC1-PHECORONAVIRUS-2020: Advancing knowledge for the clinical and public health response to the [COVID-19] epidemic” aufgelegt, die ein Gesamtbudget von 48 Mio. € hatte. Im Mai gab es eine zweite Runde dieser Ausschreibung, die komplementär zu früheren Maßnahmen zur Entwicklung von Diagnostika, Therapien und Impfstoffen ist, und die Forschungsfragen erweitert, um ein besseres Verständnis der verhaltensbezogenen und sozioökonomischen Auswirkungen der Pandemie zu erhalten. Für diese zweite Ausschreibungsrunde ist ein Budget von 122 Mio. € vorgesehen.[33]

[30] https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/ec_rtd_era-vs-corona.pdf; letzter Abruf Mai 2020.

[31] https://ec.europa.eu/info/news/coronavirus-commission-launches-one-stop-shop-coronavirus-research-and-innovation-funding-2020-may-14_en; letzter Abruf Mai 2020.

[32] https://www.covid19dataportal.org/; letzter Abruf Mai 2020.

[33] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_887; letzter Abruf Mai 2020.

Das EIT hat eine Initiative zur Krisenbewältigung (EIT Crisis Response Initiative) gestartet. Dafür wurden 60 Mio. € zusätzlicher Mitteln mobilisiert. Mit den Mitteln werden neue Innovationsprojekte und Vorhaben zur Bewältigung der Covid-19-Krise unterstützt. Dies geschieht zum einen durch das „Venture-Support-Instrument", das Start-ups und KMU finanziell und beratend unterstützt, um ihnen durch die schwierige wirtschaftliche Lage während der Covid-19-Krise zu helfen. Zum anderen werden Projekte zur Reaktion auf die Pandemie (Pandemic Response Projects) gefördert, deren Ziel die Bewältigung der unmittelbaren Effekte der Pandemie und die Verhinderung einer neuen Krise ist. [34]

Auch die Förderung durch den European Innovation Council (EIC) zur Bekämpfung von Covid-19 wurde aufgestockt. Knapp 4.000 Start-ups und KMU haben sich im März für das EIC Accelerator-Pilotprojekt beworben, über 1400 davon mit Covid-19-relevanten Projekten. Daher wurden zusätzliche 150 Mio. € für diese Finanzierungsrunde bereitgestellt, so dass sich der Gesamtbetrag auf über 314 Mio. € beläuft. Davon gehen 166 Mio. € an Projekte zur Bekämpfung der Covid-19-Pandemie.[35]

4.5 Exkurs: Nationale Initiativen zur Förderung von Sprunginnovationen

Deutsche Agentur für Sprunginnovationen[36]

Im August 2018 hat die Bundesregierung die Einrichtung einer Agentur für Sprunginnovationen beschlossen. Diese wurde am 16. Dezember 2019 als SprinD GmbH (Sprunginnovationen in Deutschland) in Leipzig gegründet. Gründungsdirektor ist Rafael Laguna de la Vera, ein deutscher Software Unternehmer und Investor. Alleiniger Gesellschafter der Agentur ist der Bund, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Die Agentur wird voraussichtlich 35-50 Mitarbeiter*innen haben und ist zunächst für eine Laufzeit von zehn Jahren geplant. Dafür ist ein Budget von 1 Mrd. € vorgesehen.

Vorbild für die Agentur sind die DARPA bzw. die weiteren ARPAs in den USA. Kernaspekte der Agentur sollen Themenoffenheit, Risikobereitschaft, Flexibilität und Fehlertoleranz sein. Die Innovationsförderung durch die Agentur soll zum einen im Rahmen von Innovationswettbewerben zu gesellschaftlichen Herausforderungen (Challenges) erfolgen. Zum anderen wird die Agentur bestehende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf ihr Sprunginnovationspotenzial screenen. Diese Aufgabe sollen sogenannte Innovationsentrepreneure übernehmen. Um ihnen größtmögliche Freiräume für das Vorantreiben der Projekte und die Vorbereitung der Markteinführung

[34] https://eit.europa.eu/sites/default/files/tra-de-factsheet_eit_crisis_response_initiative_final_1.pdf; letzter Abruf Mai 2020.
[35] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1007; letzter Abruf Mai 2020.
[36] Die Informationen zur Agentur für Sprunginnovationen stammen von der Homepage des BMBF https://www.bmbf.de/de/agentur-fuer-sprunginnovationen-9677.html; letzter Abruf Mai 2020.

zu geben, werden sie der Kopf einer eigenen Tochtergesellschaft der Agentur und werden ihr eigenes Team leiten.

Das BMBF hat drei Pilotinitiativwettbewerbe gestartet: Energieeffizientes KI-System, Organersatz aus dem Labor und Weltspeicher. Im Rahmen dieser Wettbewerbe durchlaufen die Bewerber*innen mehrere Stufen. Während einer nicht geförderten Wettbewerbsphase werden zunächst die Gewinnerteams ermittelt. Sie erhalten dann die Möglichkeit, einen Förderantrag für ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu stellen.[37]

Der französische Innovationsfonds

Frankreich hat 2018 einen mit 10 Mrd. € ausgestatteten Fonds für Innovation und Industrie (Fonds pour l'innovation et l'industrie. FII) aufgelegt. Daraus sollen jährlich Erträge in Höhe von 250 Mio. € zur Finanzierung disruptiver Innovationen generiert werden. Die Förderung soll die Branchen bei der Ausrichtung auf die großen technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen (künstliche Intelligenz, Mobilität, Gesundheit, Cyber-Sicherheit) unterstützen und Gründung und Wachstum von Start-ups im Bereich der Hochtechnologie fördern.[38] Die ersten Ausschreibungen werden für Mitte 2020 erwartet.

Agentur zur Förderung von disruptiven Innovationen in Großbritannien

Im März 2020 hat die Regierung in ihrem Haushalt 800 Mio. £ für eine neue Forschungsförderagentur vorgesehen. Ziele und Ausgestaltung sollen sich an der US-amerikanischen DARPA orientieren. Die Agentur soll "high-risk, high reward science" fördern und unbürokratisch handeln.[39]

Innovationsförderung in Schweden

Kern der Innovationsförderung in Schweden ist die Innovationsagentur Vinnova[40] mit einem jährlichen Förderbudget von ca. 3 Mrd. SEK (ca. 275 Mio. €). Vinnova finanziert zum einen über Ausschreibungen und Projektauswahl durch externe Evaluator*innen Forschungs- und Innovationsprojekte. Zum anderen koordiniert sie Initiativen und kooperiert mit Partner*innen aus allen Sektoren. Vinnova beschäftigt gut 200 Mitarbeiter*innen. Neben der Zentrale in Stockholm hat Vinnova Zweigstellen in Brüssel, Tel Aviv und im Silicon Valley. Neben der Abteilung zur Förderung von Internationalen Kooperation hat die Agentur Fachabteilungen zu den Themen Gesundheit, gesellschaftliche Entwicklung, Innovationsmanagement und Industrielle Technologien. Schwerpunkte der Förderung liegen auf den Bereichen biobasierte Kreislaufwirtschaft, Industrie

[37] Beispiel Organersatz aus dem Labor: maximal drei Gewinnerteams, Förderung maximal 36 Monate, der erste Platz im Wettbewerb kann mit bis zu 3°000°000 Euro, der zweite Platz mit bis zu 2°000°000 Euro und der dritte Platz mit bis zu 1°000°000 Euro gefördert werden. https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2413.html; letzter Abruf Mai 2020.

[38] https://www.gouvernement.fr/le-fonds-pour-l-innovation; letzter Abruf Mai 2020.

[39] https://www.theguardian.com/uk-news/2020/mar/11/budget-2020-uk-800m-blue-skies-research-agency und https://www.economist.com/britain/2020/01/23/recreating-arpa-the-most-successful-research-agency-in-history; letzter Abruf Mai 2020.

[40] https://www.vinnova.se/en; letzter Abruf Mai 2020.

und Materialien, Smart Cities, Biowissenschaften, Reisen und Transport. Darüber hinaus koordiniert Vinnova einige langfristige Programme, die an den Förderschwerpunkten ausgerichtet sind und einen starken Fokus auf Kooperationen legen. Dazu gehört z.B. die Kooperation zwischen Staat und Automobilindustrie zur Entwicklung des Autos der Zukunft. Die Aktivitäten sind daran ausgerichtet, Lösungen für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu finden. Die Agentur fördert nicht explizit Sprunginnovationen, sondern zielt darauf ab, ein innovationsfreundliches Klima zu schaffen und die Innovationskraft Schwedens zu stärken.

Wie bereits in den Vorjahren erreicht Schweden im EU-weiten Innovationsranking, dem EU Innovation Scoreboard[41], den ersten Platz. Besonders stark schneidet Schweden in den Kategorien Humankapital, Attraktivität des Forschungssystems und innovationsfreundliches Umfeld ab. Interessant ist auch die starke Innovationsorientierung der Privatwirtschaft. Im Vergleich zum EU-Durchschnitt weist Schweden die größte positive Abweichung bei der Zahl der Unternehmen weltweit mit den höchsten FuE- Ausgaben und dem Anteil der Beschäftigten in wissensintensiven Dienstleistungen auf.

4.6 Zwischenfazit: Charakteristika der europäischen Innovationsförderung

Trotz des deutlichen Mittelaufwuchses für die EU-Forschungsrahmenprogramme findet in der EU FuE- und Innovationsförderung vor allem auf Ebene der Nationalstaaten statt. Der Anteil der EU-Finanzierung an der staatlichen Finanzierung von FuE in Europa liegt bei ca. 11%. In den USA liegt der Anteil der Bundesregierung an der Forschungsförderung bei 96%. Die Förderinstitutionen der EU fördern thematisch sehr breit und sind nicht speziell für einen bestimmten Fachbereich zuständig. In den USA hingegen sind mit den NIH und den verschiedenen ARPAs Förderinstitutionen häufig auf bestimmte Felder und Disziplinen spezialisiert.

Das Gros der Förderanträge im Rahmen der EU-Forschungsrahmenprogramme wird über Peer-Review-Prozesse bewertet und ausgewählt. Daneben kommen im Pilotprogramm des Europäischen Innovationsrates und in den Knowledge and Innovation Communities Innovationswettbewerbe zum Einsatz. Die Knowledge and Innovation Communities, die das europäische Technologieinstitut initiiert und fördert, sind themenspezifische europaweite Innovationsnetzwerke, in denen Aktivitäten gebündelt und koordiniert werden.

In der US-Innovationsförderung, insb. in den DARPAs werden Programm-Manager*innen eingesetzt, die ausgewiesene Spezialist*innen in ihrem Gebiet sind, und mit einem hohen Maß an Autonomie ausgestattet eine konkrete technologische Herausforderung lösen sollen. Diese Art der Innovationsförderung ist bisher in Europa nicht im Einsatz. Für die Förderung von Sprunginnovationen durch den EIC sind in diese Richtung gehende Ansätze geplant.

[41] https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/innovation/scoreboards_en; letzter Abruf Mai 2020.

5 Lessons Learned: Was lässt sich aus der US-amerikanischen Innovationsförderung für Europa lernen?

Die vorangegangenen Kapitel geben einen Überblick über die Förderlandschaft für Forschung und Innovation in den USA und in der EU mit besonderem Fokus auf die Förderung von disruptiven bzw. Sprunginnovationen. Dabei zeigen sich einige Unterschiede bei der Struktur der Förderinstitutionen und den Förderkonzepten. Im Folgenden werden fünf Aspekte dargestellt, die sich in den USA bewährt haben und die auch bei der europäischen FuE-Förderung erwägenswert sind. Insbesondere bei der Ausgestaltung der Förderstrukturen im Europäischen Innovationsrat könnten sie berücksichtigt werden.

5.1 Fokus der Förderung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene

Wie die vorangegangenen Kapitel gezeigt haben, wird in den USA der Großteil des Fördervolumens auf nationaler Ebene vergeben. In der EU hingegen macht die Förderung auf supranationaler Ebene einen relativ geringen Anteil aus. Hier ist die nationalstaatliche Innovationsförderung dominierend. Es stellt sich die Frage nach der optimalen Aufteilung der Förderung zwischen EU und Nationalstaaten.

Die Förderung von Sprunginnovationen bedeutet die Finanzierung von großen riskanten Projekten, die auf die Lösung technologischer und gesellschaftlicher Herausforderungen abzielen und aus denen im Falle des Erfolges weit über Grenzen einzelner europäischer Staaten hinaus Nutzen entsteht. Durch die Förderung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene ließen sich Ressourcen bündeln, Risiken diversifizieren und so die Erfolgschancen erhöhen. Projekte, die von einzelnen Mitgliedsländern nicht durchgeführt werden, lohnen sich auf europäischer Ebene. Kosten werden geteilt und der potenzielle Nutzen für alle EU-Länder wird berücksichtigt (Spillover-Effekte). Dieses Vorgehen entspräche auch der Empfehlung der European Economic Advisory Group: „Advantages of supranational fiscal instruments […] can help preserve the common market, a European public good, and are vastly preferable to uncoordinated country-level policies […]" (EEAG Policy Brief 2020: 25f).

Vor diesem Hintergrund sollte die Entscheidung einzelner Staaten, eigene Agenturen für Sprunginnovationen aufzubauen, kritisch hinterfragt werden. Es scheint sinnvoller, auch in der EU Innovationsförderung mit großer Ausstrahlungskraft stärker auf die supranationale Ebene zu verlagern. Nationalstaaten könnten dazu komplementäre Strategien entwickeln, z.B. den Aufbau

leistungsfähiger Innovationsökosysteme, wie dies bereits in Schweden geschieht. Solche Innovationsökosysteme sind in der Lage, disruptive Innovationen zu adaptieren und in Produkte und Geschäftsmodelle umzusetzen.

5.2 Flache Hierarchien und kurze Entscheidungswege

Die DARPA in den USA ist direkt der Leitung des Verteidigungsministeriums unterstellt. Auch innerhalb der DARPA sind die Hierarchien sehr flach. Das erlaubt kurze Entscheidungswege und schnelle unbürokratische Entscheidungen.

In den bestehenden EU-Strukturen, die auf Einstimmigkeit und Repräsentanz der Mitgliedstaaten in den Institutionen abzielt, sind Entscheidungen in der Regel mit langwierigen Abstimmungsprozessen und Kompromissen verbunden. Während dies für die politische Entscheidungsfindung häufig notwendig ist, ist solch ein Vorgehen bei Förderentscheidungen zu riskanten Innovationsprojekten nicht zielführend. Eine Agentur für Sprunginnovationen auf EU-Ebene sollte unabhängig agieren können. Sowohl ihr Aufbau als auch ihre Entscheidungen müssen losgelöst von Länderproporzen sein.

5.3 Personenzentrierter Vergabeansatz als weiteres Förderinstrument

Neben den sowohl in den USA als auch in Europa verbreiteten Förderansätzen der Auswahl von Projekten durch Peer-Review-Verfahren oder Wettbewerben kommt in den USA, insbesondere in den ARPAs, ein weiterer Förderansatz zum Einsatz: die Förderentscheidung weitgehend durch Einzelpersonen (Programm-Manager*innen). Die Programm-Manager*innen haben eine hohe fachspezifische Kompetenz und werden für einen befristeten Zeitraum für die Lösung einer bestimmten technologischen Aufgabe oder einer gesellschaftlichen Herausforderung eingestellt. Dafür verfolgen sie ihre eigenen Ideen und Ansätze und leiten die Prozesse von der Projektidee bis zum Prototyp. Dieser Ansatz hat das Potenzial, schnell risikoreiche Projekte voranzutreiben, da nicht auf die relativ langwierigen und bei der Auswahl zu konservativen Projekten tendierenden Peer-Review-Verfahren zurückgegriffen werden muss. Der Erfolg dieses personenzentrierten Ansatzes steht und fällt mit den Programm-Manager*innen. Diese müssen nicht nur eine außergewöhnlich hohe Fachkompetenz aufweisen, sondern auch Risikobereitschaft und ausgeprägte Projektmanagement-Fähigkeiten mitbringen.

5.4 Spezialisierung und Kompetenzaufbau in den Förderinstitutionen

Auffallend an der Organisation der Förderinstitutionen in den USA ist die fachspezifische Spezialisierung bei den NIH und den verschiedenen ARPAs. Eine stärkere Strukturierung der Förderinstitutionen nach Fachgebiet ermöglicht den Aufbau von fachspezifischen Kompetenzen in den Institutionen. Dies betrifft zum einen Fachkompetenzen, die bei der Konzipierung von Förderprogrammen und der Definition aktuell relevanter Fragestellungen notwendig sind. Zum anderen ist aber auch ein Verständnis der Wissenschafts- und Publikationssysteme in den einzelnen Disziplinen hilfreich. Diese unterscheiden sich häufig bezüglich Dauer oder Zahl der Veröffentlichungen, was bei fachbereichsübergreifenden Förderprogrammen zu verzerrten Bewertungen von Projekten und Förderentscheidung führen kann.

Darüber hinaus erlauben stärkere fachspezifische Kompetenzen in den Förderinstitutionen auch die Übernahme von koordinierenden Aufgaben in einem Forschungsgebiet. Dies zeigt sich zum Beispiel in der aktuellen Initiative der NIH zur Koordinierung der Entwicklung eines Impfstoffes gegen Covid-19. Auf EU-Ebene können die KIC, die das europäische Technologieinstitut initiiert und fördert, als ein Ansatz in diese Richtung interpretiert werden. Die einzelnen KIC arbeiten themenspezifisch (nicht fachspezifisch) und koordinieren Forschung zu diesen Themen auf europäischer Ebene. Da die großen Herausforderungen, denen sich die KIC widmen, zumeist globale Themen sind, ist eine weitere Vernetzung über Europa hinaus bedenkenswert. Gerade in der aktuellen Covid-19-Pandemie und den damit einhergehenden weltweiten Entwicklungsbemühungen für einen Impfstoff zeigt sich, dass der internationale Austausch und die Koordinierung von FuE unentbehrlich ist.

5.5 Starke Rolle der öffentlichen Beschaffung

Zur Förderung des Innovationstransfers setzen die USA unter anderem auf eine strategische öffentliche Beschaffung. Mit dem Small Business Innovation Research Program und dem Small Business Technology Transfer Program werden beispielsweise große Bundeseinrichtungen dazu verpflichtet, einen gewissen Anteil ihres Budgets für FuE-Aktivitäten auszugeben, die von privaten KMUs ausgeführt werden.

Ein zentraler Akteur der innovativen Beschaffung ist das Verteidigungsministerium. Im Falle der DARPA tritt es als Abnehmer für die von der Innovationsagentur angestoßenen Entwicklungen auf. Vielfach entstehen Förderprogramme der DARPA aus Bedarfen des Militärs, z.B. GPS oder die Tarnkappentechnologie. Die zivile Nutzung mit der Umsetzung in Geschäftsmodelle und Produkte ist dabei eher ein Nebenprodukt und nicht explizites Ziel der Programme. Wie das US-Beispiel zeigt, kann über die innovative öffentliche Beschaffung FuE gefördert werden. Dies gilt grundsätzlich auch für den zivilen Bereich, weshalb auch in der EU die Möglichkeit der innovativen Beschaffung stärker genutzt werden sollte (Falck und Wiederhold 2013).

Bei der Übertragung des amerikanischen Sprunginnovationssystems muss der besondere militärische Fokus beachtet werden. Dieser unterscheidet die DARPA sowohl von den weiteren ARPAs als auch von anderen Förderinstitutionen. Typischerweise ist Innovationsförderung auf die Markteinführung neuer Produkte ausgelegt. Dieser Transfer von Forschungsergebnissen in Produkte und deren erfolgreiche Markteinführung stellt nicht selten die größte Herausforderung im gesamten Forschungs- und Innovationsprozess dar. Solch einem Markttest müssen sich die militärisch ausgerichteten DARPA-Entwicklungen nicht stellen, hier ist die Markteinführung ein erfreulicher Zusatzeffekt. Die Förderung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene ist hingegen zivil ausgerichtet. Sie hat die Bewältigung von gemeinsamen, gesellschaftlichen Herausforderungen zum Ziel. In Europa sollte daher, wie auch im Konzept der deutschen Agentur für Sprunginnovationen, der Transfer betont werden. Dabei erscheint eine Arbeitsteilung sinnvoll, bei der die Förderung grundlegender Forschung mit hohem Spillover-Potential auf EU-Ebene stattfindet und die Förderung des Transfers auf Ebene der Mitgliedstaaten. Nationale Innovationsstrategien würden den Fokus darauf legen, ein Innovationsökosystem zu schaffen, das neue Technologien adaptieren und zu marktreifen Produkten entwickeln kann. Schließlich ist für die Implementierungen von Inventionen spezifisches Wissen über die konkreten Rahmenbedingungen und Akteure vor Ort notwendig. Dieses Wissen kann durch eine nationale Transferförderung effizienter genutzt werden.

Tabelle 5-1: Lessons Learned aus der US-amerikanischen Innovationsförderung für Europa

Förderung von Sprunginnovationen auf EU Ebene	Fokus der Förderung von Sprunginnovationen auf EU-Ebene, um Ressourcen zu bündeln, Risiken zu diversifizieren und so die Erfolgschancen für Innovationsprojekte zu erhöhen.
Flache Hierarchien und kurze Entscheidungswege	Flache Hierarchien erlauben kurze Entscheidungswege und schnelle unbürokratische Entscheidungen. Damit eine Agentur für Sprunginnovationen auf EU-Ebene schnell und unabhängig agieren kann, müssen sowohl ihr Aufbau als auch ihre Entscheidungen losgelöst von Länderproporzen sein.
Projektsteuerung durch Programmmanager*innen mit hoher fachspezifischer Kompetenz	Förderentscheidung durch Einzelpersonen mit hoher fachspezifischer Kompetenz, um eine bestimmte technologische Aufgabe oder gesellschaftliche Herausforderung zu lösen.
Spezialisierung und Kompetenzaufbau in den Förderinstitutionen	Strukturierung der Förderinstitutionen nach Fachgebiet ermöglicht den Aufbau von fachspezifischen Kompetenzen. Neben besserem Verständnis von Themen und Strukturen in einem Fachgebiet erlaubt dies auch die Übernahme von koordinierenden Aufgaben.
Stärkere Rolle der innovativen öffentlichen Beschaffung	Vielfach entstehen Innovationsprojekte in den USA aus Bedarfen des Militärs; die zivile Nutzung mit der Umsetzung in Geschäftsmodelle und Produkte ist hierbei nicht explizites Ziel. Auch in der EU könnte die (zivile) innovative Beschaffung intensiver genutzt werden, wobei ein Fokus auf den Transfer von Innovationen gelegt werden sollte.

6 Ausblick: Förderung von Sprunginnovationen im europäischen Kontext

Die Förderung von Sprunginnovationen in der EU birgt jedoch auch Hindernisse. Eine Herausforderung ist die ungleiche Verteilung der FuE-Leistung in den Mitgliedstaaten. Während besonders in den Metropolregionen in West- und Nordeuropa innovationsstarke Unternehmen und Forschungseinrichtungen vorhanden sind, ist die Innovationsleistung in der Peripherie geringer ausgeprägt. Beispielsweise sind die Top drei des European Innovation Scoreboard 2020 Schweden, Dänemark und Finnland, deren Score etwa dreimal so hoch ausfällt wie der der Schlusslichter Bulgarien und Rumänien.[42] Bei einer Förderstrategie, die sich allein auf Exzellenz und Innovationspotential konzentriert, werden tendenziell die Länder am meisten profitieren, die bereits über eine ausgeprägte FuE-Landschaft verfügen. In den USA ist dieser Effekt ebenfalls bemerkbar. Ein Großteil der auf Bundesebene vergebenen Beschaffungsaufträge erhalten die bevölkerungsreichen und wirtschaftlich starken Bundesstaaten wie Kalifornien oder New York (Falck und Wiederhold 2013: 67). In der EU könnte solch ein Effekt unter den Mitgliedstaaten zu Akzeptanzproblemen führen. Es erscheint daher sinnvoll, Exzellenzförderung mit einer gezielten Förderung der nationalen Innovationssysteme zu verzahnen. Die EU könnte dabei Staaten unterstützen, deren Innovationsförderung weniger ausgeprägt ist und damit ungenutztes Innovationspotential heben. Hierzu wäre jedoch zunächst eine Analyse der unterschiedlichen nationalen Innovationssysteme nötig, um eine effektive Förderung zu ermöglichen.

Auch bei der direkten Förderung von Innovationen, wie etwa durch das EIC, dürfen die allgemeinen Rahmenbedingungen für FuE nicht außer Acht gelassen werden. Faktoren wie die Attraktivität des Forschungsstandorts, der Schutz geistigen Eigentums oder die Ausgestaltung des Steuersystems haben erheblichen Einfluss auf Entwicklung und Transfer von Innovationen. Ein gutes Beispiel ist Schweden, das in den Kategorien „Humankapital“, „Attraktivität des Forschungssystems“ und „innovationsfreundliches Umfeld“ stark abschneidet. Bei der Ausgestaltung der direkten europäischen Innovationsförderung sollte daher auch auf die kluge Gestaltung der Rahmenbedingungen eingewirkt werden.

Zur erfolgreichen Ausgestaltung der europäischen Innovationsförderung ist vor allem ein besseres Verständnis des Zusammenspiels von bestehenden Rahmenbedingungen und direkter FuE-Förderung nötig. Gleiches gilt für die Kompetenzaufteilung zwischen supranationaler- und nationaler Ebene. Mit genaueren Kenntnissen könnten zum einen unnötige Dopplungen vermieden und zum anderen Komplementaritäten von europäischer und nationaler Förderung besser genutzt werden. Hierzu wäre die Analyse von Überschneidungen zwischen europäischer und nationaler Innovationsförderung nötig, ebenso wie das Aufspüren von potentiellen Lücken. Entscheidend ist hierfür Wissen über die Akteure, Komponenten und Aufgaben der einzelnen nationalen

[42] https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/innovation/scoreboards_en; letzter Abruf Juni 2020.

Innovationssysteme. Daran anknüpfend sollten Optionen für eine zukünftige Aufgabenteilung in der Sprunginnnovationsförderung zwischen europäischer und nationaler Ebene eruiert werden. Ein Fokus könnte dabei auf der Frage liegen, wie sich Komplementaritäten besser nutzen lassen.

Literaturverzeichnis

Aghion, Philippe, Mathias Dewatripont, Caroline Hoxby, Andreu Mas-Colell, André Sapir and Bas Jacobs, 2010, The governance and performance of universities: evidence from Europe and the US, Economic Policy, 25(61): 7-59.

Arora, Ashish, Belenzon, Sharon, Patacconi, Andrea, 2019, Killing the Golden Goose? The Decline of Science in Corporate R&D, NBER Working Paper No. 20902, January 2015.

Azoulay, Pierre, Joshua Graff Zivin, Danielle Li und Bhaven N. Sampat, 2019a, Public R&D Investments and Private-Sector Patenting: Evidence from NIH Funding Rules. Review of Economic Studies, 86: 117-152.

Azoulay, Pierre, Erica Fuchs, Anna P. Goldstein und Michael Kearney, 2019b, Funding Breakthrough Research: Promises and Challenges of the "ARPA Model", Innovation Policy and the Economy, 19: 69-96.

Bonvillian, William B. und Richard Van Atta, 2011, ARPA-E and DARPA: Applying the DARPA-Model to Energy Innovation, The Journal of Technology Transfer, 36(5): 469-513.

Bonvillian, William B. und Richard Van Atta, 2019, ARPA-E and DARPA. Applying the DARPA Model to Energy Innovation, In: Bonvillian, William B.; Van Atta, Richard; Windham, Patrick (Hg.), The DARPA Model for Transformative Technologies. Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency, Cambridge, UK: Open Book Publishers: 361-434.

Caballero, Ricardo J. und Adam B. Jaffe, 1993, How High are the Giants' Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth, Chapter in NBER Macroeconomics Annual, Volume 8: 15 – 86; Hrsg.: Olivier Jean Blanchard und Stanley Fischer.

Congressional Research Service (CRS), 2020, U.S. Research and Development Funding and Performance: Fact Sheet, Updated January 24, 2020. Washington DC.

DARPA, 2016, Innovation at DARPA, https://www.darpa.mil/attachments/DARPA_Innovation_2016.pdf.

DARPA, 2018, DARPA. Defense Advanced Research Projects Agency 1958-2018. Tampa, FL: Faircount Media Group, https://www.darpa.mil/attachments/DARAPA60_publication-no-ads.pdf.

EEAG Policy Brief, 2020, EEAG Report on the European Economy, CESifo, München, https://www.cesifo.org/DocDL/EEAG-Policy-Brief-July-2020-Europe-s-Pandemic-Politics.pdf

Europäische Kommission, 2011, The Added Value of the EU Budget. Commission Staff Working Paper, Brussels. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/about_the_european_commission/eu_budget/sec-2011-867_2011_en.pdf.

Europäische Kommission, 2018, Ein EU-Haushalt für die Zukunft – Horizont Europa, https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/budget-may2018-research-innovation_de_0.pdf.

Europäische Kommission, 2019, From idea to investment – An innovator's guide to the EIC, https://ec.europa.eu/research/eic/pdf/ec_eic_factsheet_032019.pdf.

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), 2017, Gutachten zur Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2017, Berlin. https://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2017/EFI_Gutachten_2017.pdf.

Falck, Oliver und Wiederhold, Simon, 2013, Nachfrageorientierte Innovationspolitik, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 12-2013, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin.

Fuchs, Erica R. H., 2019, Rethinking the Role of the State in Technology Development: DARPA and the Case for Embedded Network Governance, In: Bonvillian, William B.; Van Atta, Richard; Windham, Patrick (Hg.), The DARPA Model for Transformative Technologies. Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency, Cambridge, UK: Open Book Publishers: 179-228.

Fuest, Clemens und Jean Pisani-Ferry, 2019, A Primer on Developing European Public Goods, EconPol Policy Report 16/2019, November Vol.3.

Goldstein, Anna P. und Michael, Kearney 2018, Uncertainty and Individual Discretion in Allocating Research Funds. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3012169.

Grimaldi, Rosa, Martin Kenney, Donald S. Siegel und Mike Wright (Hg.), 2019, 30 Years After Bayh-Dole: Reassessing Academic Entrepreneurship, Special Issue: Research Policy, 2011, Vol. 40 (8).

Jackel, Larry, 2019, Program Management at DARPA: A Personal Perspective, In: Bonvillian, William B.; Van Atta, Richard; Windham, Patrick (Hg.), The DARPA Model for Transformative Technologies. Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency, Cambridge, UK: Open Book Publishers: 315-318.

National Research Council (NRC), 2017, An Assessment of ARPA-E. Board on Science, Technology and Economic Policy, Policy and Global Affairs, and Board on Energy and Environmental Systems, Division on Engineering and Physical Sciences, Washington, DC.

Office of Management and Budget (OMB) ,2019, Analytical Perspectives, Budget of the United States Government, Fiscal Year 2020, Research and Development, Washington, DC.

Piore, Michael J., Phech Colotat und Elisabeth B. Reynolds, 2019, NSF and DARPA as Models for Research Funding: An Institutional Analysis, In: Bonvillian, William B.; Van Atta, Richard; Windham, Patrick (Hg.), The DARPA Model for Transformative Technologies. Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency, Cambridge, UK: Open Book Publishers: 45-75.

Ranka, Jinendra, 2019, DARPA – Enabling Technical Innovation. In: Bonvillian, William B.; Van Atta, Richard; Windham, Patrick (Hg.), The DARPA Model for Transformative Technologies. Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency. Cambridge, UK: Open Book Publishers, 301-314.

Sen, Avery, 2017, Island + Bridge: how transformative innovation is organized in the federal government, Science and Public Policy, 44(5): 707-721.

Waibel, Alex, 2019, What is DARPA? How to Design Successful Technology Disruption. Pittsburgh.

Weber, M.; Rammer, C.; Dinges, M.; Dachs, B.; Hud, M.; Steindl, C., 2018, Erkenntnis- und Wissenstransfer im Kontext europäischer F&I-Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem Studie 12-2018, Berlin: EFI.

Windham, Patrick und Richard Van Atta, 2019, Introduction: DARPA – The Innovation Icon, In: Bonvillian, William B.; Van Atta, Richard; Windham, Patrick (Hg.), The DARPA Model for Transformative Technologies. Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency, Cambridge, UK: Open Book Publishers, 1-25.