



STIFTERVERBAND
Bildung. Wissenschaft. Innovation.

POLICY PAPER

AUSGABE 04 | 06. OKTOBER 2020

ZUKUNFTSFÄHIGKEIT DES TECHNOLOGIEPROFILS DEUTSCHLANDS

Im Spiegel staatlicher Fördermaßnahmen

- » Analyse von Forschungsaktivitäten mittels des Wissensverwandtschafts- und Komplexitätsansatzes
- » Identifizierung der komparativen technologischen Stärken Deutschlands
- » Ermittlung von technologischen Diversifizierungspotenzialen
- » BMBF-Projektförderung eher diversifikationsorientiert mit Mut zum Risiko

1. TECHNOLOGIEPROFIL UND TECHNOLOGIEFÖRDERUNG

Technologischer Fortschritt gilt unumstritten als Triebkraft ökonomischer Leistungsfähigkeit. Er führt zu nachhaltigem Wirtschaftswachstum in Form von Produktivitätssteigerungen sowie von Beschäftigungswachstum und zur Entstehung gänzlich neuer Technologien, die wiederum die Grundlage neuer Wirtschaftszweige bilden (Boschma und Wenting, 2007). Damit stellt sich die Frage, welche (neuen) Technologien für ein Land besonders vielversprechend sind, um die eigenen Stärken weiter auszubauen und eine langfristig günstige Wirtschaftsentwicklung zu sichern. Vor dem Hintergrund der aktuellen Hightech-Strategie ist es für die Technologiepolitik in Deutschland insbesondere wichtig zu erfahren, welche

- » **Broekel, Tom**
Professor für regionale Innovationsprozesse, Universität Stavanger, Zentrum für Regional- und Innovationsökonomik (CRIE), Universität Bremen
- » **Knüpling, Louis**
Wiss. Mitarbeiter, Institut für Wirtschaftsgeographie, Leibniz Universität Hannover
- » **Stenke, Gero**
Leitung Aktionsfeld Innovation im Stifterverband, Geschäftsführer SV gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH
- » Welche Technologien sind für Deutschland besonders vielversprechend?

Technologien förderwürdig sind und welche Deutschlands Fortbestand als Technologieführer in der Zukunft sichern. Das vorliegende Paper gibt hierauf erste Antworten. Es baut auf aktuellen Erkenntnissen der Wissenschaft auf, wonach sich die Portfolios der technologischen Stärken von Ländern (und Regionen) nicht zufällig, sondern entlang technologischer Pfade entwickeln und komplexe Technologien größere Vorteile in der Zukunft bieten als einfache Technologien. Auf dieser Grundlage bewertet die vorliegende Studie das Technologieportfolio des deutschen Innovationssystems mithilfe von Patentdaten aus drei Perioden (1991-2000, 2001-2010, 2011-2016) und einem anschließenden Vergleich mit der projektbasierten Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Die Ergebnisse zeigen, dass die in Deutschland im internationalen Vergleich starken Technologien auf ähnlichem Wissen beruhen - sie weisen eine hohe technologische Verwandtschaft zueinander auf. Jedoch befindet sich ein erheblicher Anteil dieser Stärken im Bereich der weniger komplexen Technologien mit entsprechend geringeren Aussichten auf starke gesamtwirtschaftliche Effekte. Die Politik stellt sich diesem Muster in Form einer vom aktuellen technologischen Spezialisierungsprofil abweichenden projektbasierten Förderung entgegen. Besonders stark war die Abweichung dabei in den 1990er Jahren, sie ist es aber auch gegenwärtig. Verstärkt gefördert werden aktuell komplexe Technologien, von denen viele nur eine geringe Verwandtschaft zu den existierenden technologischen Stärken Deutschlands aufweisen. Dieses Muster kann entweder technologischen Notwendigkeiten geschuldet sein oder als Zeichen einer eher riskanten Förderstrategie gewertet werden. Letzteres würde dem häufig postulierten Bild der risikoaversen deutschen Technologiepolitik widersprechen (Dohse, 2000).

» Technologiemix in Deutschland:
nur geringe ökonomische Impulse

Zudem werden Technologien identifiziert, die einerseits eine hohe Verwandtschaft zu existierenden Stärken des deutschen Innovationssystems aufweisen, zugleich aber auch einen überdurchschnittlichen Komplexitätsgrad besitzen. Diese liegen im Bereich der Chemie, Textilien und des Kraftwagen- und Arbeitsmaschinenbaus. Jedoch hat Deutschland aktuell (2011 bis 2016) in diesen Technologien nur unterdurchschnittlich stark patentierbare Forschung vorzuweisen.

2. TECHNOLOGISCHE VERWANDTSCHAFT UND KOMPLEXITÄT

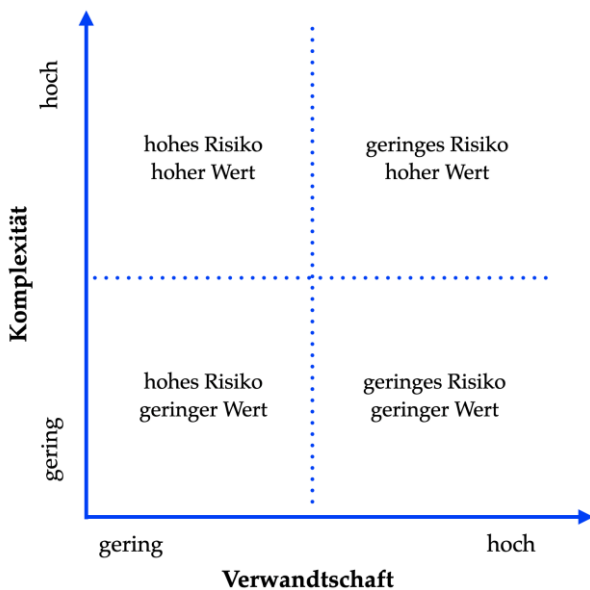
Als Triebkraft für erfolgreiche Diversifikation von Regionen und Ländern in neue Wissensgebiete wurden in aktuellen Studien Wissensverwandtschaft und Komplexität von Technologien ermittelt (Hidalgo et al., 2007; Neffke et al., 2011). Verwandtschaft bedeutet hier, dass zwei oder mehr Wissensgebiete (zum Beispiel Technologien) eine gemeinsame Wissensbasis teilen und dadurch ein gewisses Maß an Gemeinsam- und Ähnlichkeiten aufweisen. Ein optimales Maß an Ähnlichkeit sorgt dafür, dass einerseits Expertinnen und Experten aus zwei Gebieten sich verständigen können (ausreichende kognitive Nähe) und andererseits genug Spielraum zur Entwicklung neuer Ideen bleibt (ausreichende kognitive Distanz) (Nootboom et al., 2007). Zugleich zeichnen sich verwandte Wissensgebiete durch sehr gute Möglichkeiten der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen sowie durch ähnliche Anforderungen an das institutionelle Umfeld aus (Frenken et al., 2007). Das Konzept der „verwandten Diversifizierung“ (related diversification) beschreibt diesen Mechanismus näher. Hier wird argumentiert, dass Länder eher dann in neuen Technologien komparative Stärken erlangen, wenn diese (stärker)

mit den bereits vorhandenen Technologien (technologischen Stärken) verwandt sind (Frenken et al., 2007). Kernmechanismen sind dabei Spin-offs, Unternehmensausgliederungen, Arbeitnehmermobilität und Forschungs Kooperationen, die alle stärker und effizienter entlang bestehender Verwandtschaftsbeziehungen sind (Boschma und Wenting, 2007). In den vergangenen Jahren ist empirisch klar belegt worden, dass Diversifizierung von Ländern und Regionen in neue technologische oder industrielle Bereiche diesem Schema folgt (Hidalgo et al., 2007; Otto, Nedelkoska und Neffke, 2014).

Der ökonomische Nutzen der Diversifizierung hängt dagegen von der zweiten wichtigen Dimension, der technologischen Komplexität, ab. Je komplexer das Wissen ist, desto schwieriger ist es, es sich anzueignen und zu verarbeiten, da es unter anderem einen hohen Anteil impliziten Wissens aufweist. Es steckt im Können und in den Handlungen der Wissensträger und -trägerinnen und kann daher kaum formalisiert oder verbalisiert werden. Dies erschwert Wissenstransfer und interorganisationale Lernprozesse sowie die räumliche Diffusion dieses Wissens (Balland und Rigby, 2017). Diese Barrieren führen dazu, dass nur wenige Unternehmen in der Lage sind, komplexes Wissen aufzunehmen, zu ihrem eigenen Nutzen zu verarbeiten und weiterzuentwickeln. Für diese Unternehmen steigt jedoch die Wahrscheinlichkeit, hohe ökonomische Gewinne zu erzielen. Zusätzlich haben sie bessere Voraussetzungen, um weitere komplexe Technologien in der Zukunft zu erlernen (Hidalgo und Hausmann, 2009).

» Komplexe Technologien versprechen größere ökonomische Wirkungen.

ABBILDUNG 1: BEWERTUNGSMATRIX - VERWANDTSCHAFT UND KOMPLEXITÄT



Quelle: eigene Darstellung aufbauend auf Balland et al., 2018

Entlang dieser beiden Dimensionen beantworten Balland et al. (2018) die Frage nach der Identifikation besonders vielversprechender Technologien für ein Land: Ist eine Technologie verwandt mit den existierenden technologischen Stärken, so ist es verhältnismäßig einfach und erfolgsversprechend, eine komparative Stärke

in dieser Technologie zu entwickeln. Wenn die Technologie zudem relativ komplex ist, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass diese Technologie auch große ökonomische Impulse gibt (vgl. Quadrant rechts oben in Abbildung 1). Im Gegensatz dazu wäre es nicht klug, auf eine Technologie zu setzen, die weder mit dem nationalen Technologieportfolio verwandt noch besonders komplex ist (Quadrat links unten in Abbildung 1).

3. EINORDNUNG DER TECHNOLOGIEN DURCH PATENTANALYSEN

Mit der Analyse von Patentdaten kann die Frage nach möglichen Förderschwerpunkten für Deutschland beantwortet werden. Für diese Untersuchung wurden aktuelle europäische Patente ausgewertet. Jedes Patent wird dabei einer oder mehreren Technologien zugeordnet, in diesem Fall werden Technologien über dreistellige Patentklassencodes (122 Technologien) definiert. Mittels der Adressen der Erfinder und Erfinderinnen werden Patente aus Deutschland identifiziert. Insgesamt wurden 4.672.345 Patente berücksichtigt, davon entfallen 2.419.124 auf Deutschland.

» Patente zeigen technologische Stärken, Verwandtschaft und Komplexität.

Im ersten Schritt wurde für jede Technologie der Standortquotient ermittelt. Dieser zeigt an, ob Deutschland in der jeweiligen Technologie innerhalb Europas überdurchschnittlich viel patentiert. Ein Quotient größer 1 wird als technologische Stärke gewertet (Mewes und Broekel, 2020).

Im zweiten Schritt wird die Verwandtschaftsdichte (relatedness density) für jede Technologie berechnet. Auf einer Skala von 0 bis 100 zeigt sie an, wie stark eine Technologie mit allen anderen technologischen Stärken Deutschlands verwandt ist. Die Berechnung basiert dabei auf der Häufigkeit, mit der Innovationen (Patente) auf zwei oder mehreren Technologien aufbauen, was empirisch durch die Frequenz des gleichzeitigen Zuordnens von Patenten zu verschiedenen Patentklassen ermittelt wird (Hidalgo et al., 2007; Mewes und Broekel, 2020). Große Werte der Verwandtschaftsdichte deuten auf eine hohe Verwandtschaft hin. Sie wird auf der horizontalen Achse der 2-mal-2-Matrix in Abbildung 1 dargestellt.

Im dritten Schritt wird die Komplexität der Technologien ermittelt. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass Technologien aus einer Vielzahl von Wissenskomponenten bestehen und diese in unterschiedlicher Art und Weise miteinander kombiniert werden, was wiederum als kombinatorisches Netzwerk beschrieben werden kann. Je diverser die Struktur des kombinatorischen Netzwerks, desto komplexer die Technologie. Diese kombinatorischen Netzwerke können für jede Technologie mittels Patentdaten ermittelt werden. Darauf basierend, wird die Komplexitätskennzahl der strukturellen Diversität (structural diversity) berechnet (Broekel, 2019). Sie wurde ebenfalls auf das Intervall 0 bis 100 normiert und auf der vertikalen Achse der 2-mal-2-Matrix in Abbildung 1 abgetragen.

» Komplexität ist gleichbedeutend mit Vielfalt an Wissenskomponenten.

Im finalen Schritt werden die 122 Technologien entsprechend ihrer Komplexitäts- und Verwandtschaftswerte in die Matrix eingeordnet. Um beispielhaft aufzuzeigen, wie der Komplexitäts-/Verwandtschaftsansatz die Ausgestaltung und Bewertung der Technologiepolitik bereichern kann, werden die Ergebnisse mit der aktuellen FuE-Projektförderung der relevanten Bundesministerien verknüpft. Für die Zuordnung der 122 Technologien zu den entsprechenden Förderintensitäten

des BMBF und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), wird die Konkordanz von Mewes and Broekel (2020) verwendet.

4. ZENTRALE ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN

Die empirischen Ergebnisse sind in den Matrizen in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Als erste generelle Erkenntnis zeigt die Analyse in Abbildung 2, dass das Profil der technologischen Stärken Deutschlands heterogener geworden und die Komplexität der Technologien kontinuierlich angestiegen ist. Deutschlands komparative technologische Stärken (umrandete Punkte) sind aber weiterhin gut ins gesamte Technologieportfolio eingebettet und oft miteinander verwandt. Etwa zwei Drittel der Technologien, in denen Deutschland verhältnismäßig stark ist, liegen über dem Durchschnitt der technologischen Verwandtschaft. Das bedeutet, dass es für Deutschland tendenziell leicht ist, seine Stärken weiter auszubauen, und dass gute Voraussetzungen für die Entstehung neuer Technologien und für die Adaption von in Deutschland bisher weniger erfolgreicher Technologien vorliegen (Boschma und Frenken, 2011).

Seit 2000 ist die Verwandtschaft innerhalb der technologischen Stärken Deutschlands gestiegen, möglicherweise aufgrund zunehmender Digitalisierung, die neue Komplementaritäten zwischen Technologien schafft (Broekel und Brachert, 2015). Allerdings zählt eine Vielzahl der komparativen Stärken eher zu den unterdurchschnittlich komplexen Technologien, was bedeutet, dass diese auch nur ein geringeres Potenzial haben, zukünftig größere ökonomische Vorteile zu generieren, als es in anderen Ländern der Fall ist.

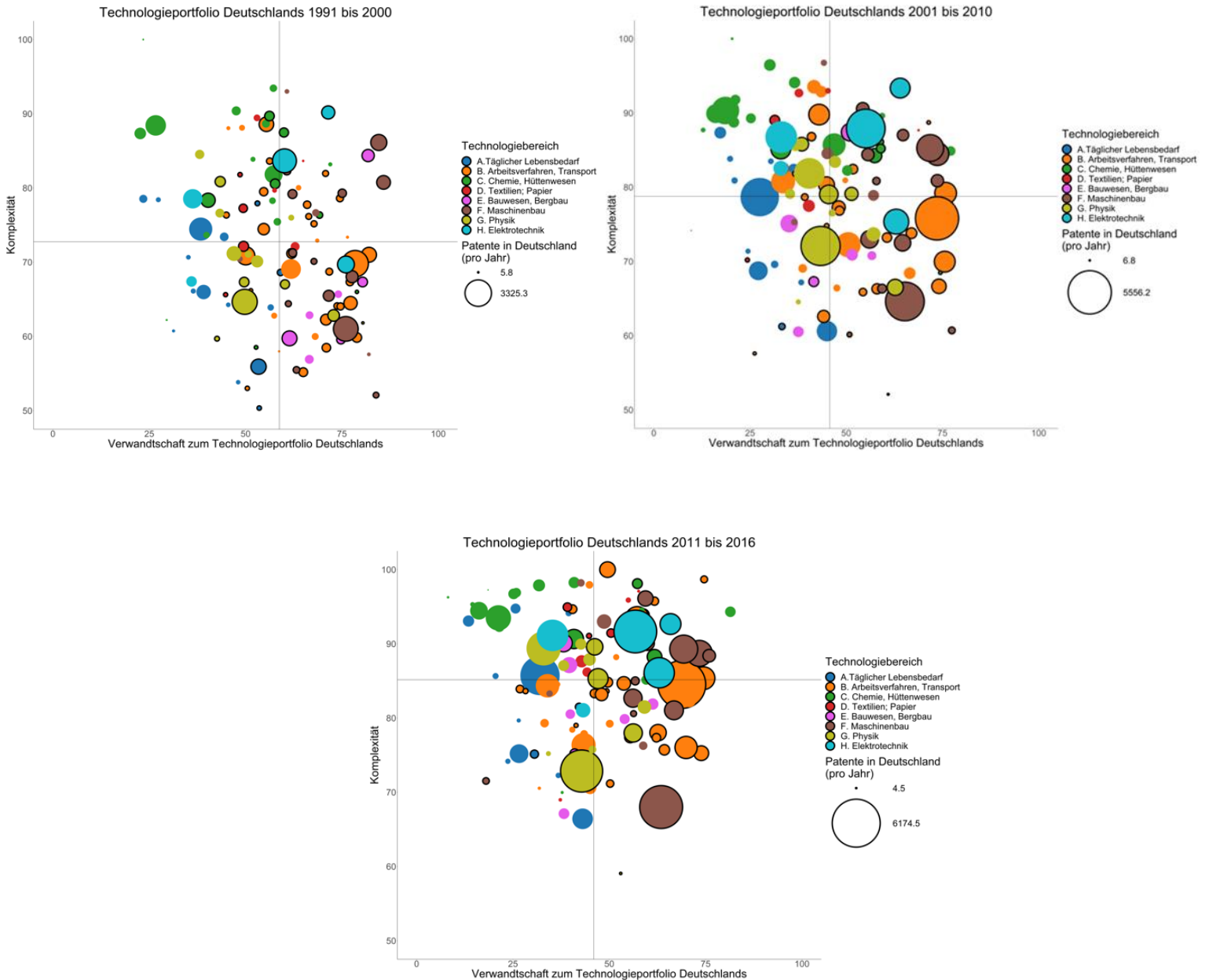
Bei gleichzeitiger Berücksichtigung beider Dimensionen wird das Bild positiver. So wird deutlich, dass Deutschland über ein steigendes Potenzial an vielversprechenden technologischen Stärken verfügt (hohe Verwandtschaft und hohe Komplexität). Die Anzahl der komparativen Stärken Deutschlands, die im entsprechenden Quadranten liegen, ist von absolut 16 (circa 23 Prozent) in den Jahren von 1991 bis 2000 auf 19 (circa 33 Prozent) in den Jahren 2001 bis 2010 und schließlich auf 21 (circa 39 Prozent) in den Jahren von 2011 bis 2016 gestiegen (siehe Abbildung 2). Dennoch zeigt die Analyse, dass bei der komparativen Position Deutschlands noch immer großes Verbesserungspotenzial besteht und insbesondere hinsichtlich der Komplexität (weitere) Verbesserungen nötig sind.

» Im Zeitverlauf steigende technologische Komplexität und Heterogenität in Deutschland

» Großes Potenzial bei Verbesserung der technologischen Stärken vorhanden

ABBILDUNG 2: EINORDNUNG DER TECHNOLOGISCHEN STÄRKEN

PATENTAKTIVITÄT



Quelle: Eigene Berechnungen. Eine interaktive Version der Grafik ist unter <https://www.tombroekel.de/entwicklung-des-technologieportfolios-deutschlands/> einsehbar.

Die Verortung entlang der beiden Dimension ermöglicht es, weiterhin Technologien zu identifizieren, in denen die Voraussetzungen für eine Verbesserung der Position gut sind (hohe Verwandtschaft) und die vielversprechende Zukunftsmöglichkeiten aufweisen (hohe Komplexität), bei denen Deutschland aber bisher unterdurchschnittlich erfolgreich ist (weniger Patente als im EU-Durchschnitt). Im aktuellen Zeitraum (2011 bis 2016) sind das insbesondere die Technologien in den Patentklassen C08 „organische makromolekulare Verbindungen“, C22 „Eisen- oder Nichteisenlegierungen“, C30 „Züchten von Kristallen“, D07 „Seile und (nicht-elektrische) Kabel“, D03 „Weberei“ sowie F03 „Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen für Flüssigkeiten & Wind-, Feder- oder Gewichtskraftmaschinen“. Einige dieser hier aufgeführten Technologien überraschen auf den ersten Blick. Gerade „Weberei“ und „Seile und (nicht-elektrische) Kabel“ würde man vermutlich eher als weniger komplexe Technologien einordnen. Allerdings täuschen hier die etwas veralteten Namen der den Daten zugrunde liegenden Patentklassifikationen. So schließt „Weberei“ einen Großteil der Forschung zu Verbundwerkstoffen mit ein und zu nicht-elektrischen Kabeln zählen beispielsweise Glasfasertechnologien.

» Technologien mit Zukunftspotential und guten Entwicklungsaussichten

Wie ist aus dieser Sicht die vergangene und aktuelle projektbasierte Förderpolitik des BMBF (als ein Bestandteil der gesamten Technologiepolitik) zu bewerten? Die Grafiken in Abbildung 3 zeigen die Anzahl der durch Bundesmittel geförderten Projekte in den jeweiligen Technologien, eingeordnet in die 2-mal-2-Matrix. Große Punkte bedeuten, dass mehr geförderte Projekte des BMBF auf Organisationen entfallen¹, die in diesen Technologien aktiv sind.

Auf die Technologien, die stärker mit dem Technologieportfolio Deutschlands verwandt sind (rechts der vertikalen Linie), entfallen in allen Zeiträumen etwa 40 bis 50 Prozent der geförderten Projekte. Jedoch hat sich die Verteilung zugunsten der komplexeren Technologien nach oben verschoben. Während auf überdurchschnittlich komplexe Technologien im Zeitraum 1991 bis 2000 nur etwa die Hälfte der Projekte entfielen, waren es zwischen 2001 und 2010 schon etwa 60 Prozent. Inzwischen (2011 bis 2016) sind es sogar zwei Drittel (65 Prozent). In allen drei Perioden sind die stark geförderten Technologien insgesamt eher im oberen linken Bereich der Matrix zu finden. Der Anteil der Projekte, der auf diesen Quadranten (geringe Verwandtschaft, hohe Komplexität) entfällt, liegt konstant bei etwa 35 Prozent.

Aus Sicht der Verwandtschafts-/Komplexitätsperspektive ist die Förderstrategie des BMBF damit eher als riskant zu bezeichnen (Förderung von relativ unverwandten Technologien), wenn auch mit potenziell hohen Gewinnen (Förderung von komplexen Technologien) (high risk & high return). Die Gründe für diese Strategie können unterschiedlich sein. So kann etwa die häufige Förderung komplexerer Aktivitäten schlicht dem üblicherweise höheren Ressourcenbedarf dieser Art der Forschung geschuldet sein. Sie kann aber auch auf einen bewussten Fokus auf diese höherwertigen Aktivitäten, zum Beispiel im Rahmen der Hightech-Strategie und einer stärker missionsorientierten Innovationspolitik, zurückzuführen sein. Auch dass die Mehrzahl der geförderten Projekte auf Technologien entfällt, die eher weniger mit dem deutschen Technologiestärkenportfolio verwandt sind (rund 55 Prozent in allen Perioden), kann aus zwei verschiedenen Blickwinkeln

» Die Förderstrategie des Bundes ist riskant, birgt aber potenziell hohe Gewinne.

¹ Die Anzahl der Projekte wird in diesem Kontext der monetären Höhe der Förderung vorgezogen, da letztere primär Unterschiede in der Kapitalintensität der Forschung der unterschiedlichen Technologien wiedergibt.

bewertet werden. Positiv gesehen kann es als ein Zeichen der Unterstützung unverwandter Diversifizierung aufgefasst werden. In diesem Fall unterstützt die Förderung das Ziel, neue technologische Entwicklungspfade anzustoßen und Stärken außerhalb der etablierten Technologiefelder zu entwickeln (Mewes und Broekel, 2020). Die Förderung begründet sich in diesem Fall aus der geringeren Verwandtschaft zum Stärkenportfolio und der damit einhergehenden großen inhaltlichen Distanz zu den vorhandenen Ressourcen, die es zu überbrücken gilt. Gerade vor dem Hintergrund, dass sich noch immer ein erheblicher Anteil weniger komplexer Technologien unter den technologischen Stärken Deutschlands befindet (mehr als die Hälfte), ist diese Strategie möglicherweise angebracht, um einen Lock-in, also eine langfristige Verfestigung dieser vergleichsweise unattraktiven Technologiefelder, zu verhindern. Eine zweite, eher negative Interpretation sieht im Fokus der Förderung auf unverwandte Technologien ein Zeichen eines mindestens riskanten, wenn nicht sogar ineffizienten Einsatzes staatlicher Mittel. Denn es werden Technologien gefördert, die sich durch eine geringere Komplementarität zum bestehenden Technologiestärkenportfolio auszeichnen. Dementsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Technologien sich in Deutschland positiv entwickeln oder zu einer komparativen Stärke heranreifen, geringer.

»Verfestigung der aktuellen Technologiestruktur vermeiden

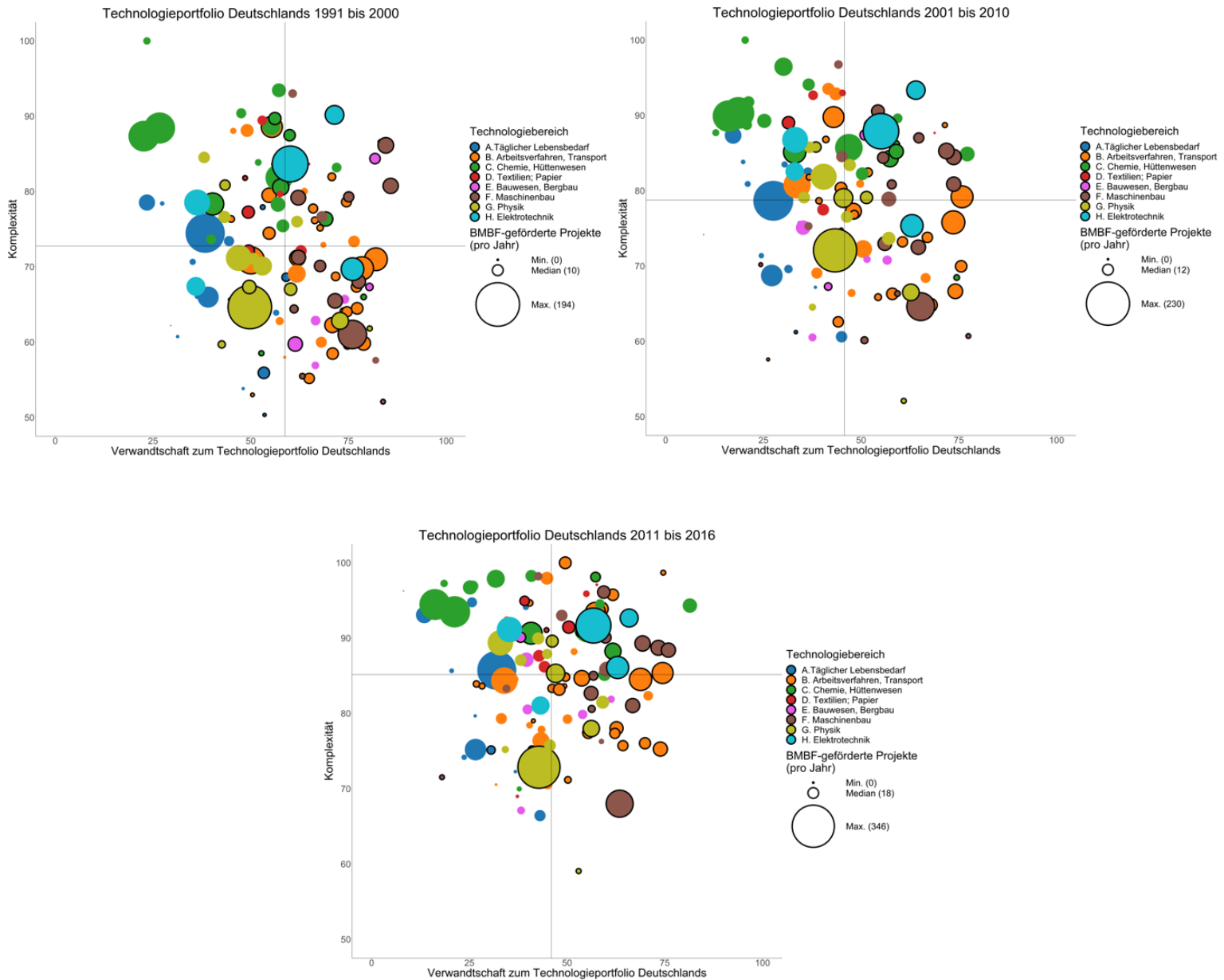
Aus Sicht der Autoren ist der erstgenannte Blickwinkel zentral für eine langfristige und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung auf Basis von Innovationen. Sie ist auch aus gesamtgesellschaftlicher Sicht zu bevorzugen. Denn ein auf komplexen und neuartigen Technologien fußendes Innovationssystem ist eher in der Lage, gesellschaftlichen Herausforderungen zu begegnen und neue Probleme zu lösen. Endogenes Wachstum, das dann entlang der horizontalen Achse (Wissensverwandtschaft) abläuft, wird so erst möglich.

In Bezug auf die zuvor identifizierten Technologiebereiche, die aus Sicht des Verwandtschafts-Komplexitätsansatzes als vielversprechend anzusehen sind (Patentklassen: C08, C22, C30, D03, D07, F03), zeigt sich, dass das BMBF bereits mit mehr als 100 geförderten Projekten Technologien im Bereich C08 „organische makromolekulare Verbindungen“ unterstützt. Auch konnten Akteure, die zu C22 „Eisen- oder Nichteisenlegierungen“ forschen, für mehr als 30 Projekte eine Förderung vom BMBF einwerben. Mit 22 geförderten Projekten liegt F03 „Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen für Flüssigkeiten & Wind-, Feder- oder Gewichts-Kraftmaschinen“ knapp unter dem Durchschnitt von 26 geförderten Projekten. Im Gegensatz dazu fiel die Förderung für C30 „Züchten von Kristallen“ mit 15, für D03 „Weberei“ mit sechs und für D07 „Seile und (nicht-elektrische) Kabel“ mit nur einem geförderten Projekt eher gering aus.

Unklar ist, ob diese Technologien nicht in den aktuellen Förderfokus des BMBF fallen oder ob es keine förderwürdigen Anträge (oder gar Forschungsaktivitäten) hierzu in Deutschland gibt. Entsprechend kann und soll die hier durchgeführte Untersuchung nur eine, wenn auch informative, Teilanalyse in einer detaillierten Bewertung der Förderpolitik sein.

ABBILDUNG 3: EINORDNUNG DER FÖRDERUNG

FÖRDERAKTIVITÄT



Quelle: Eigene Berechnungen. Eine interaktive Version der Grafik ist unter <https://www.tombroekel.de/entwicklung-des-technologieportfolios-deutschlands/> einsehbar.

Zu berücksichtigen gilt jedoch, dass die hier vorgestellten Analysen mit Patentdaten nur einen Teil aller (technologischen) Kompetenzen des deutschen Innovationssystems abdecken. Gerade nicht-technische und nicht-patentierbare Innovationen (zum Beispiel Software) bleiben unberücksichtigt. Auch muss darauf hingewiesen werden, dass die Wissenschaft in Bezug auf die Bedeutung der technologischen Komplexität für die zukünftige technologische und wirtschaftliche Entwicklung erst noch am Anfang steht. Bisher gibt es wenig empirische Evidenz, die die häufig argumentativ ausgearbeitete Relevanz von Komplexität untermauert (Sorenson, Rivkin und Fleming, 2006; Hidalgo und Hausmann, 2009; Balland et al., 2018). Hier ist weitere Forschung unerlässlich.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass einige der hier präsentierten Ergebnisse in Teilen von denen abweichen, die auf regionaler Ebene für Deutschland ermittelt wurden. Dort findet sich eher Evidenz dafür, dass ein signifikanter Anteil der Förderung des BMBF verwandte (und nicht, wie hier herausgearbeitet, unverwandte) Technologien unterstützt (siehe Mewes und Broekel, 2020). Dies kann entweder an der unterschiedlichen Aggregation von Technologien (hier 122, auf regionaler Ebene mehr als 600) liegen oder schlicht an unterschiedlichen Ressourcenausstattungen und damit in Zusammenhang stehenden Entwicklungsmöglichkeiten von regionalen gegenüber nationalen Innovationssystemen. So greift insbesondere für die regionale Ebene im Rahmen der europäischen Kohäsionspolitik mit dem Ansatz der Smart Specialisation eine place-based policy. Dabei fokussiert sich die Förderung auf vorhandene regionale Stärken und Entwicklungspotenziale. Der Versuch, Technologien in Regionen zu entwickeln, in denen keinerlei kritische Masse an notwendigen Ressourcen vorhanden ist, wäre mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Scheitern verurteilt. Hier verfügen nationale Innovationssysteme über ein deutlich größeres Repertoire an Wissensressourcen. Weitere Forschung muss hier für mehr Klarheit sorgen.

5. Referenzen

- Balland, P.-A. und Rigby, D. (2017) The geography and evolution of complex knowledge, *Economic Geography*, 93, S. 1-23.
- Balland, P. A., Boschma, R.A., Crespo, J. und Rigby, D. (2018) Smart specialisation policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification, *Regional Studies*, 53(9), S. 1252-1268.
- Boschma, R. A. und Wenting, R. (2007) The spatial evolution of the British automobile industry: Does location matter? *Industrial and Corporate Change*, 16(2), S. 213-238. doi: 10.1093/icc/dtm004.
- Boschma, R. und Frenken, K. (2011) Technological relatedness and regional branching, in Kogler, D. F., Feldman, M. P., und Bathelt, H. (eds) *Beyond territory. Dynamic geographies of knowledge creation, diffusion, and innovation*. Milton Park, New York, S. 64-81. doi: 10.4324/9780203814871.
- Broekel, T. (2019) Using structural diversity to measure the complexity of technologies, *PLoS ONE*, 14(5), S. 1-27. doi: 10.1371/journal.pone.0216856.

Broekel, T. und Brachert, M. (2015) The structure and evolution of inter-sectoral technological complementarity in R&D in Germany from 1990 to 2011, *Journal of Evolutionary Economics*, 25(4), S. 755-785.

Broekel, T. und Graf, H. (2012) Public research intensity and the structure of German R&D networks: A comparison of 10 technologies, *Economics of Innovation and New Technology*, 21(4), S. 345-372.

Dohse, D. (2000) Technology policy and the regions - The case of the BioRegio contest, *Research Policy*, 29, S. 1111-1133.

Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabasi, L., Hausman, R. (2007) The product space conditions the development of nations, *Science*. 317(5837), S. 482-487, doi: 10.1126/science.1144581.

Hidalgo, C. A. und Hausmann, R. (2009) The building blocks of economic complexity, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), S. 10570-10575.

Mewes, L. und Broekel, T. (2020) Subsidized to change? The impact of R&D policy on regional technological diversification, *The Annals of Regional Science*. Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/s00168-020-00981-9.

Neffke, F., Henning, M. und Boschma, R.A (2011) The dynamics of agglomeration externalities along the life cycle of industries, *Regional Studies*, 45(1), S. 49-65.

Nooteboom, B., Van Haverbek, W., Duysters, G., Gilsing, V. und Van den Oord, A. (2007) Optimal cognitive distance and absorptive capacity, *Research Policy*, 36, S. 1016-1034.

Otto, A., Nedelkoska, L. und Neffke, F. (2014) Skill-relatedness und Resilienz: Fallbeispiel Saarland, *Raumforschung und Raumordnung*, 72(2), S. 133-151.

Sorenson, O., Rivkin, J. W. und Fleming, L. (2006) Complexity, networks and knowledge flow, *Research Policy*, 35(7), S. 994-1017.

IMPRESSUM

Herausgeber

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.

Barkhovenallee 1. 45239 Essen

T 0201 8401-0

mail@stifterverband.de

www.stifterverband.org

Gestaltung

Atelier Hauer + Dörfler, Berlin



STIFTERVERBAND

