

Das Verhältnis zwischen Hochschule und Wissenschaft in Deutschland

Expansion – Produktion – Kooperation

Jennifer Dusdal, Achim Oberg, Justin J.W. Powell

Beitrag zur Veranstaltung »Der Zusammenhang von Organisation und Produktion wissenschaftlichen Wissens. Zur Neukonfiguration des Verhältnisses zwischen Hochschule und Wissenschaft« der Sektion Wissenschafts- und Technikforschung

1. Einleitung

Dieser Beitrag rekonstruiert den Einfluss der Hochschulentwicklung und der wissenschaftlichen Kapazitätsbildung auf die wissenschaftliche Wissensproduktion in Deutschland, einem der weltweit stärksten Produzenten wissenschaftlichen Wissens seit 1900.

Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden: Wie haben institutionalisierte Strukturen, und darin verschiedene Organisationsformen, die langfristige Entwicklung wissenschaftlicher Produktivität beeinflusst und verändert? In welchen organisationalen Netzwerken entwickelt sich aktuell die Wissenschaft weiter? Die Annäherung an den Forschungsgegenstand erfolgt auf der Makroebene anhand von Indikatoren zur Erfassung der globalen Expansion, Kooperation und Produktion der Wissenschaft. Vor dem Hintergrund dieses Untersuchungsrahmens wird dann auf der Mesoebene das Zusammenspiel von Organisationsformen in Deutschland mittels netzwerkanalytischer Verfahren betrachtet. Ziel des Beitrags ist, die Orte und institutionellen Settings wissenschaftlicher Produktion zu identifizieren und anhand ihrer Aufgaben und Ziele voneinander abzugrenzen sowie ihre Beziehungen zueinander herauszuarbeiten. Als theoretische Basis werden neo-institutionalistische Ansätze zur Untersuchung und Erklärung der Expansion des Hochschulwesens und der Wissenschaft und zur Analyse von organisationalen Netzwerken herangezogen. Grundlage der empirischen Analyse bilden Publikationen in peer-reviewed Zeitschriften als Kennzeichen wissenschaftlicher Produktion.

2. Artikel in Zeitschriften als Basisindikator wissenschaftlicher Produktion

Die Veröffentlichung wissenschaftlichen Wissens in hochklassigen wissenschaftlichen Zeitschriften gewinnt in allen Fächergruppen zunehmend an Bedeutung und gilt besonders in den Fächern Mathematik, Ingenieur-, Natur- und Technikwissenschaften sowie der Medizin (sogenannte STEM+ Fächer) als „gold standard“ (Altbach 2016, S.8). Zeitschriftenpublikationen dienen dabei der Dokumentation wissenschaftlichen und technischen Fortschritts, indem die wissenschaftliche Gemeinschaft anhand intern festgelegter Kriterien prüft, was als „neues“ Wissen gelten kann. Generierte Forschungsergebnisse werden zur Verfügung gestellt, präsentiert, verbreitet und diskutiert. Neben der Distribution dieses Wissens wird durch eine Veröffentlichung das geistige Eigentum gesichert und die Ausgabe öffentlicher finanzieller Mittel legitimiert (Dusdal 2018, S.19). Zudem bilden Zeitschriftenartikel die Grundlage für die Zuweisung wissenschaftlicher Reputation und zeigen die Bedeutung ausgewählter Forschungsthemen auf (BBAW 2015, S.11). Zusätzlich werden Zeitschriftenartikel zur Evaluierung wissenschaftlicher Performanz genutzt: Publikationszahlen werden beispielsweise von Mittelgebern und Hochschulleitungen als Indikator für die Relevanz oder Qualität der Forschungsleistung einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler oder gesamter Forschungseinrichtungen herangezogen (Research Information Network 2009, S.2).

3. Forschungsdesign, Daten und Methoden

Die Grundlage der folgenden quantitativen empirischen Analysen bilden Publikationen in peer-reviewed Zeitschriften. Die zugrunde liegende Datenbank des SPHERE¹ Projekts beinhaltet Publikationsdaten, die von Thomson Reuters Web of Science (heute als Clarivate Analytics bekannt) Science Citation Index Expanded (SCIE) erworben und in einem aufwendigen Prozess rekodiert wurden, um die Konstellation wissenschaftsproduzierender Organisationen und Organisationsformen genauer erfassen zu können. In dem Projekt wurden Artikel aus STEM+ Fächern über einen Zeitraum von 1900 bis 2010 (insgesamt 42.963 Zeitschriften, 5.089.233 Forschungsartikel) untersucht. Eine Beschränkung auf die STEM+ Fächergruppen ist notwendig, da wissenschaftliche Kooperationen in diesen Fächern traditionell am wichtigsten und auch aktuell am stärksten ausgeprägt sind (Gazni et al. 2012). In diesen Fächern stellen zudem Zeitschriftenpublikationen, neben Patenten und anderen Formen wissenschaftlichen Outputs, beispielsweise Konferenzbeiträge, das wichtigste Format der Verbreitung wissenschaftlichen Wissens dar (Heinze 2005).

¹ Das internationale Kooperationsprojekt SPHERE (Science Productivity, Higher Education, Research and Development, and the Knowledge Society) wurde durch Mittel des Qatar National Research Fund finanziert (NPRP Grant No. 5-1021-5-159; 2012–15). Wir danken Anna Kosmützky und David P. Baker sowie allen Mitgliedern des SPHERE-Projekts für regen Austausch und Kommentare.

4. Ergebnisse

4.1 Die Entwicklung wissenschaftlicher Produktivität in Deutschland im globalen Kontext: Wachstum an Wettbewerb und Kooperationen

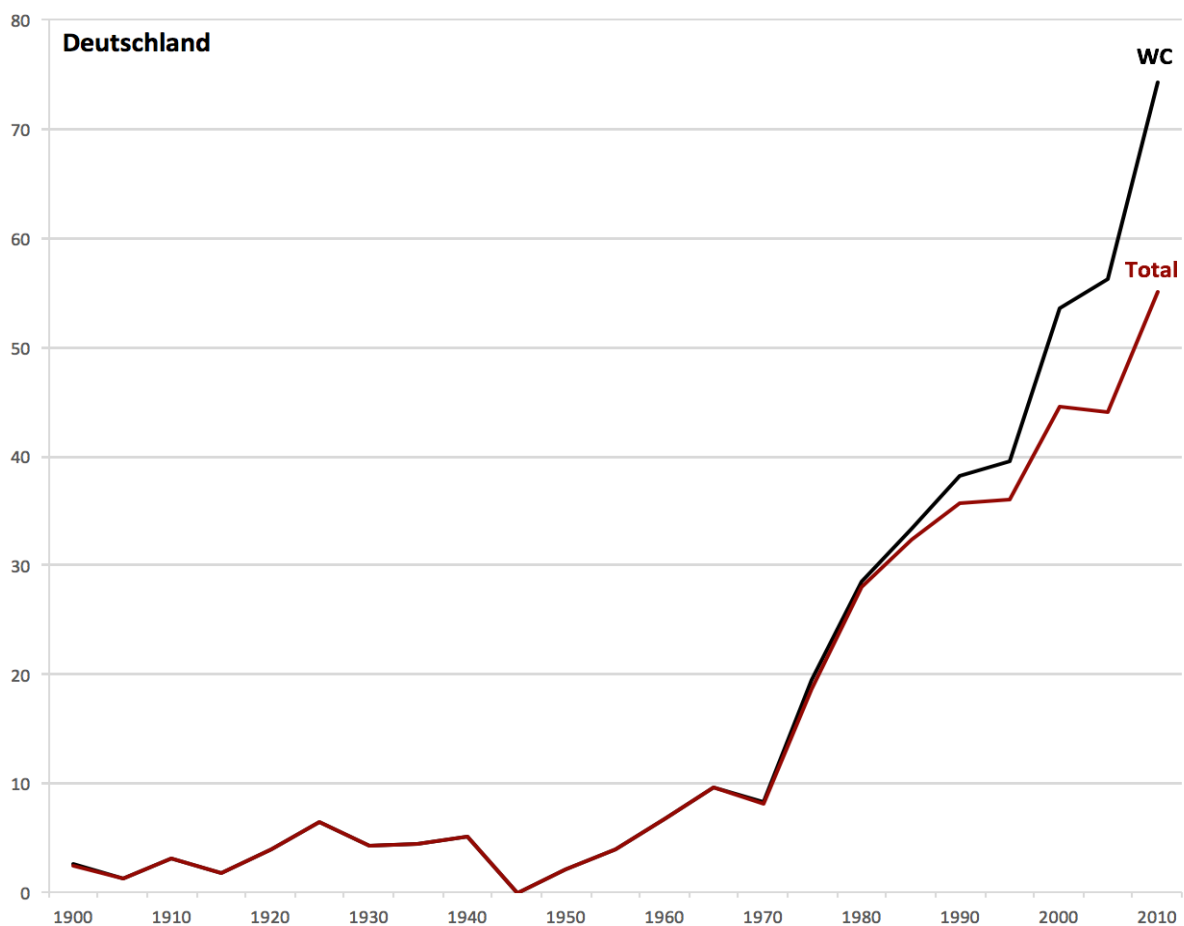
Der Anteil kooperativer Forschung steigt seit den 1970er Jahren kontinuierlich an und wissenschaftliche Publikationen in Ko-Autorenschaft sind heutzutage der Regelfall. Anhand von bibliometrischen Daten zeigt sich, dass heute 80 Prozent aller Artikel in Ko-Autorenschaft entstehen, in Teilen der Naturwissenschaften sogar bis zu knapp 95 Prozent. Hinzu kommt, dass ungefähr 50 Prozent aller Artikel aus interorganisationalen Kooperationszusammenhängen stammen (Gazni et al. 2012). Zusätzlich steigt die Anzahl der Autorinnen und Autoren und Länder, die an der Produktion wissenschaftlichen Wissens beteiligt sind (ebd.; Adams 2013; Zhang et al. 2015). Insbesondere internationale Ko-Publikationen, für die ein vergleichsweise höherer Impact bekannt und belegt ist (Glänzel 2001; Glänzel, Schubert 2001) werden häufig als Qualitätskriterium verwendet. Dabei handelt es sich allerdings um ein zu verengtes Qualitätsverständnis, das sowohl unterschiedliche Fachkulturen als auch die Qualität anderer Kooperationsformen und deren Beitrag zur Qualitätsentwicklung der Wissenschaft, insbesondere auf Organisationsebene, ausblendet. Die verschiedenen Disziplinen und ihre Subdisziplinen zeichnen sich durch sehr unterschiedliche Publikations- und Zitierpraktiken beziehungsweise -kulturen aus (Marx, Bornmann 2012) und es bestehen erhebliche Zweifel an der Adäquanz eindimensionaler, nicht fach- und feldspezifischer Indikatoren (Hornbostel et al. 2009).

Organisationen und Länder unterscheiden sich zudem dahingehend, wie sie ihre Forschung organisieren und Kooperationen gestalten (Powell et al. 2017; Powell, Dusdal 2017a, b). Dieser Beitrag fokussiert daher speziell die Organisationsebene und integriert die Analyseebenen Hochschul- und Wissenschaftssystem und Organisation. Auf der Ebene des Hochschul- und Wissenschaftssystems (Makroebene) betrachten wir die Entwicklung des Wachstums wissenschaftlicher Produktion in Deutschland, das vor allem durch die Institutionalisierung von Forschungsuniversitäten und außeruniversitären Forschungsinstituten, aber auch anderen Organisationsformen, wie Unternehmen, Ressortforschungseinrichtungen und Krankenhäuser, vorangetrieben wurde. In einem weiteren Schritt wird die Entwicklung von Forschungsk Kooperationen und interorganisationalen Kooperationsnetzwerken deutscher Hochschul- und Wissenschaftseinrichtungen, die sich in Publikationen in Ko-Autorenschaft widerspiegeln, untersucht. Auf organisationaler Ebene werden ausgewählte Knotenpunkte dieses deutschlandweiten Kooperationsnetzwerks analysiert.

Die Betrachtung des Wachstums wissenschaftlicher Produktivität in Deutschland zeigt eine exponentiell verlaufende Wachstumskurve. In einer ersten Phase von 1900 bis 1945 verläuft die Kurve flach und auf niedrigem Niveau (siehe Abbildung 1). Besonders hervorzuheben ist der vollständige Zusammenbruch des deutschen Hochschul- und Wissenschaftssystems im Zuge des Zweiten Weltkriegs. Im Jahr 1945 wurde kein einziger Artikel publiziert, der in der SCIE-Datenbank aufgenommen wurde. Allerdings ist zu beobachten, dass beide Weltkriege lediglich einen kurzen, negativen Einfluss auf das Publikationsverhalten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hatten. Nach Beendigung der Krisen erholte sich das Hochschul- und Wissenschaftssystem schnell und nahm seine Funktionsweise wieder auf. Die Konsolidierungsphase nach Beendigung des Krieges führte erstmals zu einem stärkeren wissenschaftlichen Wachstum. Die dritte Phase, beginnend in den 1960er Jahren, wird durch die einsetzende Hochschulexpansion, die Massifizierung der Hochschulbildung, Universitätsneugründungen und dem Beginn der *Big Science* in Deutschland markiert. Die Publikationszahlen verdoppelten sich auf 9.560 Artikel im Jahr 1965. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands und der Überwindung der Verlangsamung des Wachstums durch die Harmonisierung des westdeutschen Universitätssys-

tems mit dem ostdeutschen Akademiesystem, kam es zu Beginn des Bologna-Prozesses (ab 1998/99) und des Paktes für Forschung und Innovation (ab 2005) sowie der Implementierung der Exzellenzinitiative (2005/06) noch einmal zu einem massiven Anstieg der Publikationen in den STEM+ Fächern: Im Jahr 2000 wurden 44.605 Artikel publiziert, was einer Steigerungsrate von 24 Prozent innerhalb von 5 Jahren entspricht. Im letzten Jahr der hier betrachteten Zeitreihe, 2010, wurden insgesamt 55.009 Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht.

Ab Mitte der 1980er Jahre ist eine deutliche Diskrepanz der Publikationszahlen aufgrund der unterschiedlichen Zählweisen der Artikel erkennbar („whole count“ (WC) versus absolute Publikationszahlen). Dieser ist auf einen Anstieg nationaler und internationaler wissenschaftlicher Kooperationen zurückzuführen, die sich in dieser Grafik in Form von publizierten Artikeln in Ko-Autorenschaft abbilden lassen (siehe ausführlich Dusdal 2018, S.233ff.).



Quelle: SPHERE Projektdatenbank (Rohdaten: Thomson Reuters SCIE); Dusdal 2018, S.233

Abbildung 1: Exponentielles Wachstum wissenschaftlicher Publikationen in Deutschland (in Tausend), 1900–2010

4.2 Das Zusammenspiel der Organisationsformen in Deutschland von 1900 bis 2010

In diesem Abschnitt geht es um die Beantwortung der Frage, wie die institutionalisierten Strukturen, und darin verschiedene Organisationsformen, die langfristige Entwicklung wissenschaftlicher Produktivität beeinflusst und verändert haben. Die Analyse der Daten fußt auf einer Berechnung nach dem

„whole count“ Verfahren, um jede Organisation, die an der Publikation eines wissenschaftlichen Zeitschriftenartikels beteiligt ist, in die Untersuchung mit einzubeziehen. Die Vielfalt des organisationalen Feldes der Wissenschaft mit seinen fünf wichtigsten Organisationsformen rückt in den Fokus.

Die Form der Forschungsuniversität (in Abbildung 2 gelb markiert) ist und bleibt über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg die wichtigste wissenschaftsproduzierende Organisationsform. Die in Forschungsuniversitäten beheimateten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler publizierten jederzeit mehr als 50 Prozent aller Zeitschriftenartikel, häufig lag ihr Anteil sogar bei mehr als zwei Dritteln. Besonders hervorzuheben sind die Jahre 1900 mit einem Anteil von 69,2 Prozent und 1910 mit einem Anteil von 83,4 Prozent. Dies ist dadurch zu erklären, dass die in Deutschland forschungsstarken außeruniversitären Forschungsinstitute (grün) erst später gegründet wurden. Erst nach dieser Gründungsphase stabilisierte sich der Anteil der Universitäten an Publikationen im Zeitverlauf. Mit ihrer Orientierung an Grundlagenforschung bieten die Universitäten exzellente Bedingungen, um zur wissenschaftlichen Produktivität beizutragen, obwohl sie im Gegensatz zu den Forschungsinstituten zusätzlich der akademischen Lehre nachkommen müssen.

Gleichzeitig wuchs aber auch die Publikationsleistung der Forschungsinstitute, besonders derjenigen der Max-Planck-Gesellschaft, der Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz und der Fraunhofer-Gesellschaft. Durch ihre wesentlich geringere Anzahl an wissenschaftlichem Personal wird auf den ersten Blick deutlich, dass ihr prozentualer Anteil am Publikationsaufkommen wesentlich geringer ist, als der der Universitäten. Der Anstieg ihrer Publikationen auf 10,2 Prozent im Jahr 1960 kann mit der Gründung der auf Anwendungsforschung spezialisierten Fraunhofer-Gesellschaft im Jahr 1949 begründet werden. In den Folgejahren blieb ihr prozentualer Anteil an Zeitschriftenpublikationen in den STEM+ Fächern weitestgehend stabil bis zum Jahr 1990, wo ein erneuter Anstieg auf 14,0 Prozent verzeichnet werden konnte. Dieser hängt mit der Einrichtung der für diese Fächer bedeutsamen Helmholtz Gemeinschaft im Jahr 1995 zusammen. In absoluten Zahlen gemessen haben die außeruniversitären Forschungsinstitute eine enorme Steigerung ihres Publikationsoutputs seit Beginn der 1970er Jahre erreicht. Die Anzahl ihrer Publikationen stieg von 981 (1970) auf 2.224 (1980) um mehr als das Dreifache und verdoppelte sich bis zum Jahr 2010 in 10-Jahres-Schritten noch einmal um die selbe auf 20.816. Innerhalb dieser Gruppe haben sich die Institute der Max-Planck-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft als besonders forschungsstark herausgestellt.

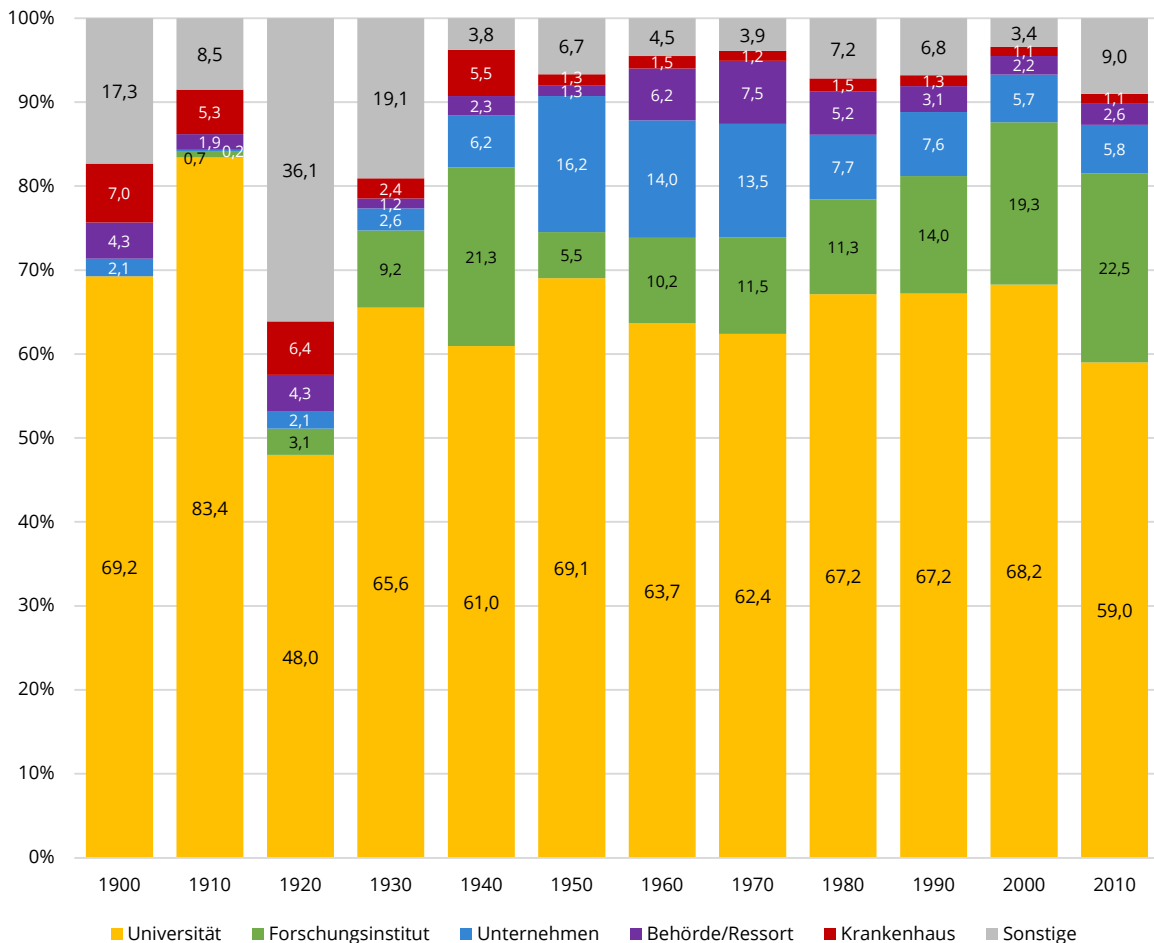
Unternehmen (blau), die in Deutschland traditionell oftmals eigene Forschungsabteilungen betreiben, haben nach Beendigung des Zweiten Weltkriegs stark an Bedeutung für die Produktion wissenschaftlichen Wissens verloren. Nach einem Aufschwung in den 1920er und 1930er Jahren nach Beendigung der Weltwirtschaftskrise, dem Ende des Zweiten Weltkriegs und dem Einsetzen der *Big Science* schrumpfte ihr prozentualer Anteil von 16,2 Prozent im Jahr 1950 auf lediglich 5,8 Prozent im Jahr 2010. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass auf angewandte Forschung und Entwicklung spezialisierte Unternehmen ihre Forschungsergebnisse nicht unbedingt in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlichen, sondern andere Verwertungsstrategien (beispielsweise Patente) nutzen und die betriebsinterne Weiterentwicklung von Produkten vorantreiben.

Ressortforschungseinrichtungen bilden die viertstärkste Gruppe der Organisationsformen der Wissenschaft. Sie tragen im Vergleich wesentlich weniger zur wissenschaftlichen Produktivität in Form von Zeitschriftenartikeln bei. Zudem sinkt ihr Anteil im Zeitverlauf auf 2,6 Prozent. Im Gegensatz zu den Unternehmen, die in absoluten Zahlen gemessen, mehr Zeitschriftenartikel publizierten, obwohl ihr prozentualer Anteil am Gesamtvolumen sank, publizierten die Ressortforschungseinrichtungen auch weniger Artikel. Als Gründe können ihre Orientierung an politikorientierter oder angewandter For-

schung, die Bereitstellung an Informationen für die Politik sowie zusätzliche Regulierungs- und Prüfungsaufgaben herangezogen werden.

Unabhängige Krankenhäuser (rot), die nicht Teil einer Universität sind, tragen nur sehr wenig zur wissenschaftlichen Produktivität in Deutschland bei. Durch die Zuordnung der akademischen Lehrkrankenhäuser zur Gruppe der Universitäten wird ein Großteil ihrer Forschungsleistung verdeckt. Dennoch gehen sie neben ihren Aufgaben der Heilung und Pflege von Patienten und der Ausbildung von Pflegepersonal einer geringen Forschungstätigkeit nach. Zwischen 1950 und 2010 blieb ihr Anteil stabil.

Werden zusätzlich zu den fünf wichtigsten Organisationsformen der Wissenschaft weitere Formen wie Akademien, wissenschaftliche Gesellschaften und Vereine, Infrastrukturen, Laboratorien, das Militär, Museen und nicht-universitäre Bildungseinrichtungen, beispielsweise Fachhochschulen, (hier zusammengefasst in grau) in die Analyse mit einbezogen, zeigt sich ein weitaus heterogeneres Bild (Dusdal 2018, S.279ff).



Quelle: SPHERE Projektdatenbank (Rohdaten: Thomson Reuters SCIE); Dusdal 2018, S.273.

Abbildung 2: Wissenschaftliche Produktivität der fünf wichtigsten Organisationsformen in Deutschland (WC, in Prozent), 1900–2010

Zusammenfassend gilt, dass die Forschungsuniversität die wichtigste Institution der Wissensgesellschaft (Krücken 2003, S.15) ist und sie ihre institutionelle Identität über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg erhalten konnte. Die enorme Stabilität der wissenschaftlichen Produktivität der Uni-

versitäten im Zeitverlauf bestätigt, dass sich das organisationale Feld der Wissenschaft nicht erheblich verändert hat. Auch die Verhältnisse der Verteilung der anderen Organisationsformen haben sich, zumindest seit den 1950er Jahren, nicht wesentlich verschoben.

4.3 Inter-organisationale Ko-Autoren Beziehungen

Ko-Autorenschaft ist nur ein partieller und konservativer Indikator für Forschungsk Kooperationen, der einen großen Teil der Kooperationen, beispielsweise wechselseitige Kritik und Stimulation, gemeinsame Daten- und Gerätenutzung, Service-Kooperationen, etc. unterhalb der gemeinsamen Publikation unsichtbar lässt (Laudel 2002; ähnlich Frame, Carpenter 1979; Katz, Martin 1997; Jeong et al. 2014). Ko-Autorenschaft bietet jedoch den Vorteil der einfachen Messung, Datenverfügbarkeit, Überprüfbarkeit und Stabilität im Zeitverlauf (ebd.). Dementsprechend sind diese unterschiedlichen Ko-Publikationsformen und deren Impact über Jahrzehnte in zahlreichen bibliometrischen Studien untersucht worden (für einen Überblick siehe beispielsweise Adams 2013). Dies ist besonders auf Organisationsebene relevant, da die verschiedenen Stakeholder von Universitäten und Forschungsinstituten unterschiedliche Ziele und Perspektiven haben und variierende Formen von Forschungsk Kooperationen unterschiedlich bewerten (Siegel et al. 2003).

Die Organisationsebene und der Einfluss organisationaler Infrastrukturen für Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Hier zeigt sich, dass bestimmte Organisationsmerkmale (wie Größe, Reputation, Standort in Nähe anderer wissensproduzierender Einrichtungen etc.) einen Einfluss auf Kooperationsbeziehungen haben (siehe z.B. Hagedoorn et al. 2000). Mittels sozialer Netzwerkanalysen des organisationalen Feldes der Biotech-Branche in den USA wurde zudem gezeigt, dass Organisationen zum Teil eine höhere Qualität ihres Outputs erzielen als in Größe und Alter vergleichbare Organisationen, wenn sie eine bessere Kombination an Kooperationsbeziehungen mit unterschiedlichen Organisationsformen etablieren (Powell 1998). Bei genauerer Analyse der Kombination wurden organisationale Kooperationsportfolios identifiziert, die zentral oder dezentral gesteuert werden können (Powell 1998). Wie die Organisationen eines Feldes jeweils ihre Kooperationsportfolios steuern, hat wiederum einen großen Einfluss auf die Struktur des gesamten Feldes (Powell et al. 2005), auf die Ausbreitung und Etablierung von Praktiken in einem Feld (Powell, Oberg 2017) und auf die Weiterentwicklung von Organisationsformen (Powell et al. 2017).

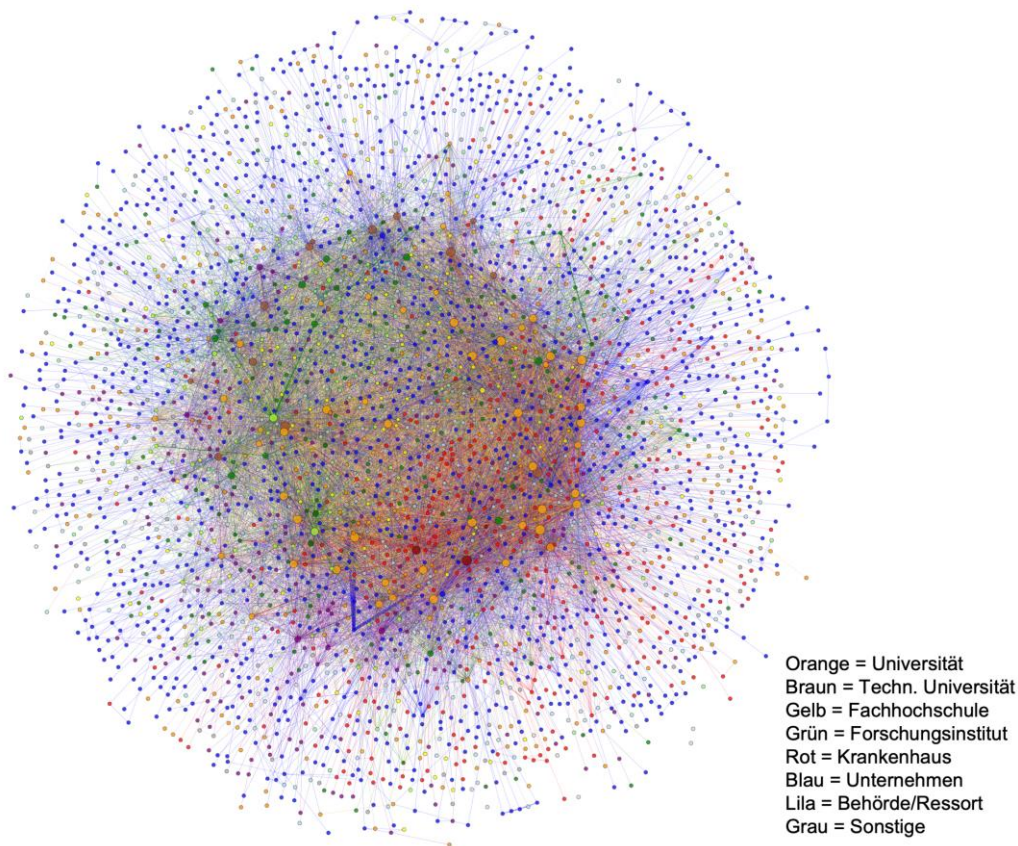
4.3.1 Organisationsformen

Demgegenüber machen nur wenige Studien zu Kooperationen innerhalb der Wissenschaft die Organisation zum Gegenstand der Untersuchung. Analysiert wurden bisher hauptsächlich Größeneffekte und die Nähe von Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Instituten (Cummings, Kiesler 2005; Horta, Lacy 2011). Dies mag damit zusammenhängen, dass Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen Organisationen mit einer speziellen Governance und Organisationskultur sind, die sich in Forschung, Lehre und Wissenstransfer auf die Leistungen von autonomen, hochqualifizierten Expertinnen und Experten stützen, um ihre Ziele zu erreichen (Weick 1976; Mintzberg 1983). Denn daraus ergibt sich ein Spannungsverhältnis zwischen individuellen und organisationalen Zielen und eingeschränkten Steuerungsmöglichkeiten für die Organisation (z.B. Musselin 2007; Hüther, Krücken 2016). Dies zeigt sich besonders bei Forschungsk Kooperationen, die grundlegend auf persönliche Bekanntheit, Vertrauensbeziehungen und Erfahrungen angewiesen sind und intrinsischen und/oder instrumentellen Motiven und Eigenschaften der individuellen Akteure folgen (z.B. Melin 2000; Shrum et al. 2007). Zugleich hängt jedoch die zugeschriebene Qualität wissenschaftlichen Outputs nicht unwesentlich von organisationaler Reputation und Ressourcen ab. Die meisten bisherigen Studien verblei-

ben jedoch auf der Makro- oder Mikroebene und blenden organisationale Bedingungen und Faktoren aus. Es werden zwar Vermessungen des Outputs auf Organisationsebene aggregiert vorgenommen, beispielsweise für Universitäten (z.B. Meo et al. 2013; Tijssen et al. 2002; Powell, Dusdal 2017a, b) und außeruniversitäre Forschungsinstitute, die vor allem in Deutschland wichtig sind und auch einen höheren Anteil an Ko-Publikationen als Universitäten aufweisen, insbesondere mit internationalen Partnern (Schmoch et al. 2016), allerdings fehlt auch hier die Betrachtung anderer Kooperationspartner außerhalb der Wissenschaft.

4.3.2 Typ der Beziehung

Im Anschluss an Bozemann et al. (2013) sind wissensfokussierte Kooperationen, die darauf abzielen, die Wissensbasis zu erweitern und die akademische Reputation eines Forschers oder einer Forscherin zu erhöhen, von eigentumsfokussierten Kooperationen, die typischerweise in einem Geld- oder Sachwertvorteil, einschließlich Patenten, neuen Technologien, Neugründungen, oder seltener, monetären Gewinnen, zu unterscheiden. Dieser Beitrag konzentriert sich auf wissensbasierte Kooperationen, da Patentanmeldungen nicht für alle Disziplinen in unserem analytischen Fokus relevant sind. Die wissensbasierten Kooperationen werden dabei aus gemeinsamen Veröffentlichungen in anerkannten Zeitschriften abgeleitet, an denen Autoren von zwei oder mehr deutschen Forschungseinrichtungen beteiligt sind. Der Fokus liegt dabei weiterhin auf STEM+ Fächern. Abbildung 3 zeigt Kooperationsbeziehungen zwischen forschenden Organisationen verschiedener Formen in Deutschland im Jahr 2010.



Quelle: SPHERE Projektdatenbank (Rohdaten: Thomson Reuters SCIE)

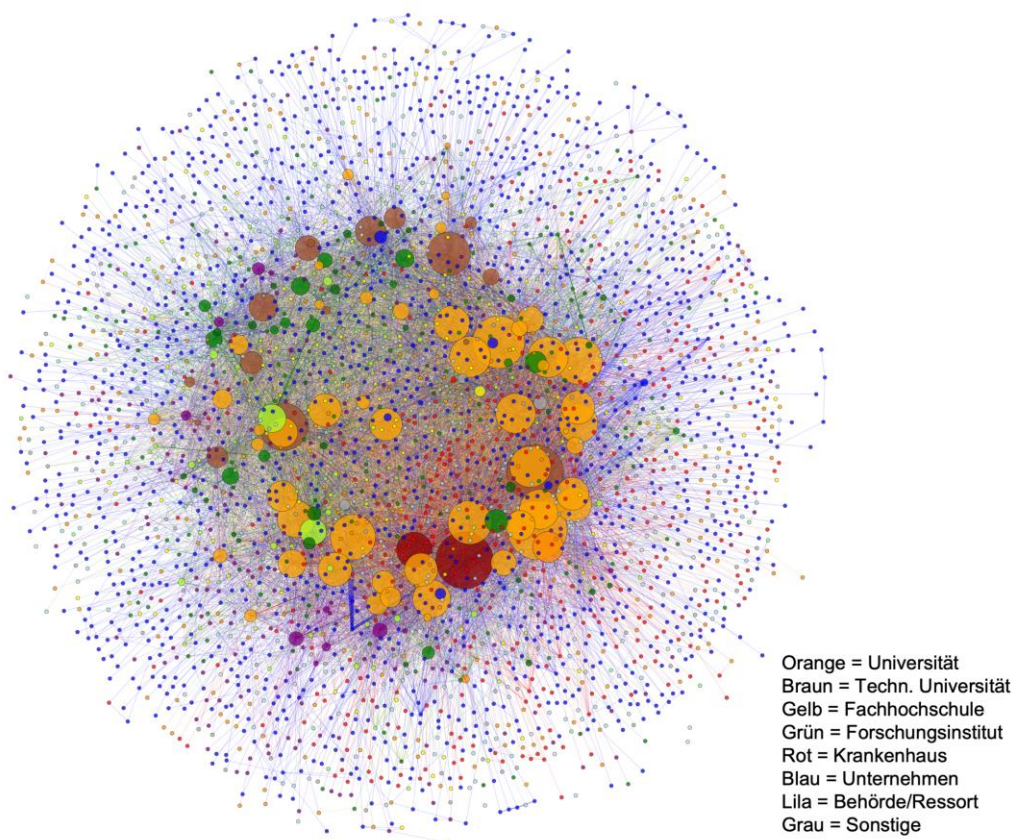
Abbildung 3: Kooperationsbeziehungen zwischen STEM+ Forschungseinrichtungen in Deutschland (2010)

Zur Visualisierung wurde der Fruchterman-Reingold-Algorithmus (Fruchterman, Reingold 1991) verwendet, der Knoten mit vielen gemeinsamen Partnern nebeneinander positioniert. Dabei wird eine Zentrum-Peripherie-Struktur mit einem deutlich abgrenzbaren Kern und einem großen Außenbereich sichtbar. Erstaunlicherweise sind Kern und Peripherie fast übergangslos miteinander verbunden. So gibt es relativ wenige Organisationen, die zwischen Außenbereich und Kern vermitteln. Das Fehlen einer solchen mittleren Kategorie könnte eine Folge der staatlichen Finanzierung von Universitäten und der strikten Reglementierung der Verwendung der Kategorie „Universität“ sein.

Eine weitere Auffälligkeit ist die Verteilung der Beziehungstypen: Im Kern dominieren Kooperationsbeziehungen zwischen Universitäten (orange Beziehungen), im Bereich unten rechts findet sich eine Ballung von Kooperationsbeziehungen zwischen Universitäten und Krankenhäusern (rote Beziehungen) und im Bereich oben links lassen sich viele Kooperationsbeziehungen zwischen Universitäten und außeruniversitären Einrichtungen wie Helmholtz Instituten, Max Planck Instituten, Leibniz Instituten und Fraunhofer Instituten (grüne Beziehungen) beobachten. In der Peripherie sind häufig Kooperationen mit Kliniken (rote Beziehungen) oder mit Unternehmen (blaue Beziehungen) zu verorten.

4.3.3 Formen und Beziehungen

Um die Rolle einzelner Formen im Geflecht der Beziehungen besser zu verstehen, werden in Abbildung 4 zusätzlich die Organisationen entsprechend als Knoten zwischen den Beziehungen eingezeichnet. Die Farbe der Organisationsknoten reflektiert die Organisationsform und die Größe zeigt die Zahl der Kooperationsbeziehungen an.



Quelle: SPHERE Projektdatenbank (Rohdaten: Thomson Reuters SCIE)

Abbildung 4: STEM+ Forschungseinrichtungen in Deutschland (2010)

Im Zentrum befindet sich ein Ring aus Organisationen, der primär aus Universitäten (orange), technischen Universitäten (braun) und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (grün) besteht. Lediglich einzelne Kliniken (rot) sind Teil dieses Rings. Unternehmen (blau) erreichen selten eine vergleichbare Zahl an Kooperationsbeziehungen und befinden sich meist zusammen mit weiteren Krankenhäusern (rot), Fachhochschulen (gelb) und staatlichen Forschungsinstituten (lila) im Außenbereich.

Auch im Kern zeigen sich die schon in Abbildung 3 beobachteten zwei Schwerpunktbereiche: Im unteren rechten Teil kooperieren Universitäten untereinander sowie mit Kliniken. Im oberen linken Teil des Kerns kooperieren technische Universitäten und außeruniversitäre Einrichtungen. Beide Bereiche werden durch vielfältige Kooperationsbeziehungen zwischen Universitäten und technischen Universitäten vernetzt.

Diese Binnenstruktur des Kerns ist ein Ergebnis unterschiedlicher Relevanz einzelner Organisationsformen für Kooperationen in verschiedenen Fachdisziplinen: So entstehen kooperative Veröffentlichungen in der Biologie meist durch Zusammenarbeit zwischen Universitäten und teilweise durch Hinzunahme von ausgewählten außeruniversitären Forschungseinrichtungen oder Unternehmen. In der Chemie spielen außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und einzelne Unternehmen der Chemie- und Pharma-Branche dagegen eine wichtigere Rolle. Ein anderes Bild zeigt sich bei kooperativen Veröffentlichungen in der Physik: Dort sind zentrale außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und technische Universitäten wichtiger als in den anderen Disziplinen, während Unternehmen weitgehend irrelevant sind. Über die Fächerunterschiede hinweg durchzieht sich allerdings die Beobachtung, dass Universitäten bzw. Technische Universitäten zentral für kooperative Veröffentlichungen in Deutschland sind. Vielen Universitäten gelingt es dabei, unterschiedliche Kooperationslogiken verschiedener Fachdisziplinen an der gleichen Universität zu ermöglichen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde der Einfluss der Hochschulentwicklung und der wissenschaftlichen Kapazitätsbildung auf die wissenschaftliche Wissensproduktion in Deutschland seit 1900 rekonstruiert. Fragen der Institutionalisierung dieser komplexen Strukturen und die darin eingebetteten vielfältigen Organisationsformen sowie der historisch entstandenen Kooperationsbeziehungen und aktuellen Vernetzung der Organisationen standen im Zentrum der Analyse. Die Orte und institutionellen Settings wissenschaftlicher Produktion sowie ihre Beziehungen zueinander wurden anhand von über fünf Millionen in Deutschland entstandenen Forschungsartikeln aus den Fächergruppen STEM+ herausgearbeitet, die in über 40.000 Zeitschriften zwischen 1900 und 2010 publiziert wurden. Die Transformation der Wissensproduktion im Zeitverlauf – der exponentiell gewachsenen Produktion sowie der ebenfalls stetig gestiegenen und vielfältigen Kooperationsbeziehungen in organisationalen Netzwerken – wurde mit Hilfe eines neo-institutionalistischen Ansatzes untersucht und erklärt. Diese quantitative Vermessung der Wissenschaft erlaubt zwar keine Aussagen über die Qualität einzelner Forschungsartikel, aber diese aufwändig rekodierten und systematisch ausgewerteten Daten ermöglichen es, das Wachstum wissenschaftlicher Produktion in Organisationen in Deutschland sowie in Kooperation mit anderen Organisationen weltweit sowie die verstärkte Vernetzung nachzuzeichnen.

Das exponentielle Wachstum wissenschaftlicher Produktivität basiert auf einer weltweiten Expansion der Hochschul- und Wissenschaftssysteme. Ein erstaunliches und ungebrochenes Wachstum wissenschaftlicher Produktion konnte aufgezeigt werden. In Deutschland wurde diese Leistung vor allem durch die breitflächige Institutionalisierung von Forschungsuniversitäten und außeruniversitä-

ren Forschungsinstituten erreicht. In den letzten Dekaden stieg zudem die Zahl der Forschungs Kooperationen exponentiell. Sowohl internationale Kooperationen als auch multidisziplinäre Kooperationen zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in verschiedenen Organisationsformen steigen kontinuierlich. Ein weiteres starkes Wachstum kann auf Basis dieser Vernetzung erwartet werden, je nach Fach mehr oder weniger stark; in manchen Fächern sind Innovationen gänzlich von Kooperationen anhängig.

Wenngleich sich die wissenschaftsproduzierenden Organisationsformen in Deutschland hinsichtlich ihrer Aufgaben, Ziele und der Art der Forschung unterscheiden, ist die Forschungsuniversität über das 20. Jahrhundert und bis heute die wichtigste Organisationsform der Wissenschaft geblieben. Hauptsächlich tragen die Forschungsuniversitäten, Forschungsinstitute, Unternehmen, Ressortforschungseinrichtungen und Krankenhäuser zum wissenschaftlichen Output bei. Dabei verbinden sich alle Organisationsformen mit der Universität, dem Kern der Hochschul- und Wissenschaftssysteme. Kooperationen über Grenzen der Disziplinen, Länder, Organisationsformen und Organisationen konnten anhand von Ko-Autorenschaften rekonstruiert werden. Im Fächervergleich wurden jedoch unterschiedliche Muster im Zusammenspiel der Organisationsformen gefunden, hier beispielsweise für die Fächer Biologie, Chemie und Physik. Über die Fächerunterschiede hinweg sind Universitäten bzw. Technische Universitäten zentral für deutsche Ko-Autorenschaften, da in ihnen vielfältige Kooperationslogiken unterschiedlicher Fächer innerhalb einer Organisation ermöglicht werden.

Literatur

- Adams, Jonathan D. 2013. Collaborations: The fourth age of research. *Nature* 497(7451):557–560.
- Altbach, Philip G. 2016. Giving credit where credit is due. *International Higher Education* 85:7–8.
- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (BBAW) (Hrsg.). 2015. *Empfehlungen zur Zukunft des wissenschaftlichen Publikationssystems*. Berlin: BBAW.
- Bozeman, Barry, Daniel Fay und Catherine P. Slade. 2013. Research collaboration in universities and academic entrepreneurship: the-state-of-the-art. *The Journal of Technology Transfer* 38(1):1–67.
- Cummings, Jonathon N. und Sara Kiesler. 2005. Collaborative research across disciplinary and organizational boundaries. *Social Studies of Science* 35(5):703–722.
- Dusdal, Jennifer. 2018. *Welche Organisationsformen produzieren Wissenschaft? Zum Verhältnis von Hochschule und Wissenschaft in Deutschland*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Frame, J. Davidson und Mark P. Carpenter. 1979. International Research Collaboration. *Social Studies of Science* 9(4):481–497.
- Fruchterman, Thomas M. J. und Edward M. Reingold. 1991. Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and Experience* 21:1129–1164.
- Gazni, Ali, Cassidy R. Sugimoto und Fereshteh Didegah. 2012. Mapping world scientific collaboration: authors, institutions, countries. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 63(2):323–335.
- Glänzel, Wolfgang und András Schubert. 2001. Double effort = double impact? A critical view at international co-authorship in chemistry. *Scientometrics* 50(2):199–214.
- Glänzel, Wolfgang. 2001. National characteristics in international scientific co-authorship. *Scientometrics* 51(1):69–115.
- Hagedoorn, John, Albert N. Link und Nicolas S. Vonortas. 2000. Research partnerships. *Research Policy* 29(4/5):567–586.
- Heinze, Thomas. 2005. Wissensbasierte Technologie, Organisationen und Netzwerke – Eine Analyse der Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft. *Zeitschrift für Soziologie* 34(1):60–82.

- Hornbostel, Stefan, Bernd Klingsporn und Markus von Ins. 2009. Messung von Forschungsleistungen – eine Vermessenheit? In *Publikationsverhalten in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen*, Hrsg. Alexander von Humboldt-Stiftung, 14–35. Bonn: AvH-Stiftung.
- Horta, Hugo und Thomas A. Lacy. 2011. How does size matter for science? Exploring the effects of research unit size on academics' scientific productivity and information exchange behaviors. *Science and Public Policy* 38(6):449–462.
- Hüther, Otto und Georg Krücken. 2016. *Hochschulen: Fragestellungen, Ergebnisse und Perspektiven der sozialwissenschaftlichen Hochschulforschung*. Wiesbaden: VS.
- Jeong, Seongkyoon, Jae Y. Choi und Jang-Yun Kim. 2014. On the drivers of international collaboration. *Science and Public Policy* 41(4):520–531.
- Katz, J. Sylvain und Ben R. Martin. 1997. What is research collaboration? *Research Policy* 26(1):1–18.
- Krücken, Georg. 2003. Learning the "New, New Thing": On the role of path dependency in university structures. *Higher Education* 46(3):315–339.
- Laudel, Grit. 2002. What do we measure by co-authorships? *Research Evaluation* 11(1):3–15.
- Marx, Werner und Lutz Bornmann. 2012. Der Journal Impact Factor: Aussagekraft, Grenzen und Alternativen in der Forschungsevaluation. *Beiträge zur Hochschulforschung* 34(2):50–66.
- Melin, Göran. 2000. Pragmatism and self-organization: Research collaboration on the individual level. *Research Policy* 29(1):31–40.
- Meo, Sultan A., Abeer A. Al Masri, Adnan M. Usmani, Almas N. Memo und Syed Z. Zaid. 2013. Impact of GDP, spending on R&D, number of universities and scientific journals on research publications among Asian countries. *PLOS One* 8(10). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0066449> (Zugegriffen: 15. Februar 2019).
- Mintzberg, Henry. 1983. *Power in and around organizations*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Musselin, Christine. 2007. Are universities specific organizations? In *Towards a Multiversity?*, Hrsg. Georg Krücken, Anna Kosmützky und Mark Torka, 63–84. Bielefeld: transcript.
- Powell, Justin J.W., Frank Fernandez, John T. Crist, Jennifer Dusdal, Liang Zhang und David P. Baker. 2017. Introduction. In *The Century of Science: The Global Triumph of the Research University*, Hrsg. Justin J.W. Powell, David P. Baker und Frank Fernandez, 1–36. IPES vol. 33. Bingley: Emerald Publishing.
- Powell, Justin J.W. und Jennifer Dusdal. 2017a. Research Organizations' Contribution to Publications in Science and Technology Disciplines in Germany, France, Belgium, and Luxembourg. *Minerva* 55:413–434.
- Powell, Justin J.W. und Jennifer Dusdal. 2017b. The European Center of Science Productivity: Research Universities and Institutes in France, Germany, and the United Kingdom. In *The Century of Science: The Global Triumph of the Research University*, Hrsg. Justin J.W. Powell, David P. Baker und Frank Fernandez, 55–84. IPES vol. 33. Bingley: Emerald Publishing.
- Powell, Walter W., Achim Oberg, Valeska P. Korff, Carrie Oelberger und Karina Kloos. 2017. Institutional analysis in a digital era. In *New Themes in Institutional Analysis*, Hrsg. Georg Krücken et al., 305–344. Cheltenham: Edward Elgar.
- Powell, Walter W. und Achim Oberg. 2017. Networks and Institutions. In *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism*, Hrsg. Royston Greenwood, Christine Oliver, Thomas B. Lawrence und Renate E. Meyer, 446–476. Los Angeles: SAGE.
- Powell, Walter W., Douglas R. White, Kenneth W. Koput und Jason Owen Smith. 2005. Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences. *American Journal of Sociology* 110(4):1132–1205.
- Powell, Walter W. 1998. Learning from Collaboration: Knowledge and Networks in the Biotechnology and Pharmaceutical Industries. *California Management Review* 40(3):228–240.
- Research Information Network. 2009. *Communicating knowledge: How and why UK researchers publish and disseminate their findings*. London: RIN.

- Schmoch, Ulrich, Sonia Gruber und Rainer Frietsch. 2016. *5. Indikatorbericht Bibliometrische Indikatoren für den PFI Monitoring Bericht 2016*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, iFQ, I2SoS.
- Shrum, Wesley, Joel Genuth und Ivan Chompalov. 2007. *Structures of Scientific Collaboration*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Siegel, Donald S., David A. Waldman, Leanne E. Atwater, und Albert N. Link. 2003. Commercial knowledge transfers from universities to firms. *The Journal of High Technology Management Research* 14(1):111–133.
- Tijssen, Robert J.W., Thed N. van Leuween und Anthony F.J. van Raan. 2002. *Mapping the Scientific Performance of German Medical Research*. Stuttgart: Schattauer.
- Weick, Karl E. 1976. Educational Organizations as Loosely Coupled Systems. *Administrative Science Quarterly* 21(1):1–19.
- Zhang, Liang, Justin J.W. Powell und David P. Baker. 2015. Exponential growth and the shifting global center of gravity of science production, 1900–2011. *Change* 47(4):46–49.