

Institutionelle Rahmenbedingungen für ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem

Kumulative Habilitationsschrift

Dr. Thomas Heinze

**eingereicht am 7. Oktober 2009
an die Gutachter der Habilitationsschrift**

**Univ.-Prof. Dr. Richard Münch
Lehrstuhl Soziologie II
Otto-Friedrich-Universität Bamberg**

**Univ.-Prof. Dr. Hans-Peter Blossfeld
Lehrstuhl Soziologie I
Otto-Friedrich-Universität Bamberg**

**Univ.-Prof. Dr. Georg Krücken
Lehrstuhl für Wissenschaftsorganisation, Hochschul- und Wissenschaftsmanagement
Deutsche Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer**

1. Einleitung

Die vorliegende kumulative Habilitationsschrift umfasst acht Beiträge aus den Gebieten Wissenschaftssoziologie, Organisationssoziologie und Governanceforschung. Die Koautor-Beiträge sind maßgeblich vom Antragsteller konzipiert und abgefasst worden, was an der durchgehenden Erstautorenschaft ersichtlich ist. Alle Aufsätze durchliefen einen Review, sechs bei internationalen und zwei bei deutschsprachigen Fachzeitschriften. Insgesamt umfassen die Beiträge rund 80.000 Wörter.

- Thomas Heinze, Philip Shapira, et al., 2007: Identifying Creative Research Accomplishments: Methodology and Results for Nanotechnology and Human Genetics. *Scientometrics* 70, 125-152
- Thomas Heinze, Gerrit Bauer, 2007: Characterizing Creative Scientists in Nano S&T: Productivity, Multidisciplinarity, and Network Brokerage in a Longitudinal Perspective. *Scientometrics* 70, 811-830
- Thomas Heinze, 2008a: Förderliche Kontextbedingungen für kreative Forschung. Ergebnisse einer empirischen Studie. *Hochschulmanagement* 3, 8-12
- Thomas Heinze, 2008b: How to Sponsor Ground-Breaking Research: A Comparison of Funding Schemes. *Science & Public Policy* 35, 802-818
- Thomas Heinze, Stefan Kuhlmann, 2008: Across institutional boundaries? Research collaboration in German public sector nanoscience. *Research Policy* 37, 888-899
- Thomas Heinze, Natalie Arnold, 2008: Governanceregimes im Wandel. Eine Analyse des außeruniversitären, staatlich finanzierten Forschungssektors in Deutschland. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 60, 686-722
- Thomas Heinze, Philip Shapira, et al., 2009: Organizational and institutional influences on creativity in scientific research. *Research Policy* 38, 610-623
- Thomas Heinze, Gerrit Bauer, 2009: Creativity capabilities in nanoscale research. Longitudinal population level evidence. *Annales d'Economie et de Statistique* (im Erscheinen)

Der Rahmenaufsatz verfolgt drei Ziele. Erstens soll der rote Faden, der die einzelnen Aufsätze durchzieht, herausgestellt werden. Welche Fragen behandeln die Arbeiten? Was sind ihre theoretischen Grundlagen? Wie bauen Sie aufeinander auf? Zweitens soll der Beitrag der Habilitationsschrift vor dem Hintergrund der aktuellen Forschungsliteratur skizziert werden. Was sind die theoretischen und empirischen Erträge der vorgelegten Aufsätze? Drittens werden Desiderata benannt. Welche Fragen ergeben sich aus den Befunden für die zukünftige Forschung? Welche konkreten Projekte werden hierzu bereits durchgeführt? Diese drei Ziele stecken den Rahmen der folgenden Ausführungen ab. In Kapitel 2 werden zunächst die konzeptionellen Grundlagen und ausgewählte Literatur eingeführt. Kapitel 3 diskutiert die wichtigsten Ergebnisse der Habilitation. Kapitel 4 zieht ein Resümee und benennt Desiderata für die zukünftige Forschung.

2. Konzeptionelle Grundlagen und Einführung in die Literatur

Die kumulative Habilitationsschrift behandelt die gesellschaftstheoretische Frage, welche institutionellen Faktoren die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems maßgeblich beeinflussen. Diese Frage gehört zu den Ursprungsfragen der Wissenschaftssoziologie. Gleichzeitig ist sie politisch hochaktuell, insbesondere in der Diskussion um die Standortkonkurrenz in der Wissensgesellschaft.

2.1 Das Konzept der Kreativität

Im Mittelpunkt des hier gewählten gesellschaftstheoretischen Zugangs steht das *Konzept der Kreativität*. Als soziologisches Konzept dient Kreativität dazu, eine Brücke zwischen der systemtheoretischen und der institutionalistischen Perspektive auf die Wissenschaft herzustellen. Ausgangspunkt für dieses Konzept sind folgende Überlegungen. Wissenschaft ist das Teilsystem der modernen Gesellschaft, das neues Wissen hervorbringt und auf diese Weise die gesellschaftliche Wissensbasis erweitert (Luhmann 1992). Folgt man der Systemtheorie, dann ist die kontinuierliche Erneuerung des Wissens allerdings eine unwahrscheinliche Leistung. In einer Gesellschaft müssen erst die Voraussetzungen für die systematische Produktion neuen Wissens geschaffen werden. Zu diesen Voraussetzungen zählt aus systemtheoretischer Perspektive, dass Publikationen unter Verwendung des Symbolcodes wahr/nicht-wahr an frühere Publikationen anschließen und auf diese Weise einen Kommunikationszusammenhang verstetigen, aus dem Erkenntnisgewinn resultiert. Die Systemtheorie leitet die Unwahrscheinlichkeit dieser Leistung generell aus der Unwahrscheinlichkeit anschlussfähiger Kommunikationen ab. Diese Aussage ist insofern unbefriedigend, weil sie abstrakt auf die Systemebene bezogen bleibt, nicht spezifisch für das Wissenschaftssystem ist und auch nicht zur institutionellen Ebene vordringt. Die kontinuierliche Erweiterung der gesellschaftlichen Wissensbasis hängt jedoch von funktionstüchtigen institutionellen Strukturen ab und nicht allein von codegesteuerter Kommunikation und operativer Schließung. Zu einer schlüssigen gesellschaftstheoretischen Perspektive gehören daher auch Aussagen darüber, wie das Teilsystem Wissenschaft als gesellschaftliche Errungenschaft institutionell reproduziert werden kann. Denn erst die erfolgreiche Reproduktion sichert, dass neue Erkenntnisse dauerhaft und erwartbar zur Verfügung gestellt werden können.

Erfolgreiche Reproduktion bedeutet erstens, dass das Wissenschaftssystem in der Lage sein muss, die notwendigen materiellen und symbolischen Ressourcen zu sichern, beispielsweise in Form finanzieller Zuwendungen, geeigneter Organisationsformate, dauerhafter Rekrutierung von Talenten und einer verbindlichen Status- und Reputationsordnung. Zweitens

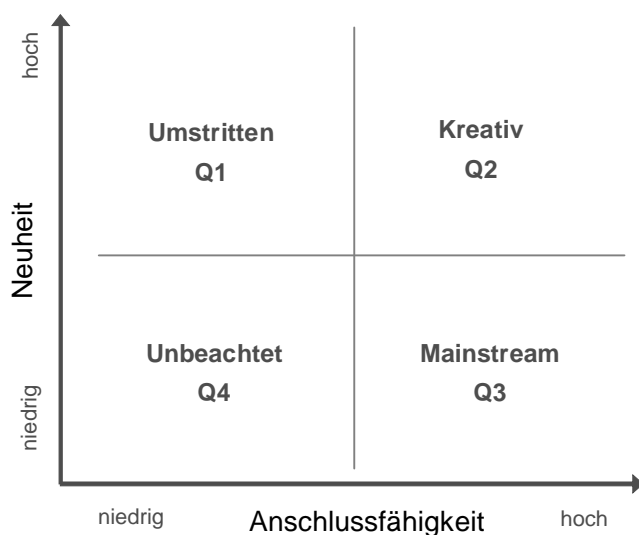
stehen die institutionellen Strukturen der Forschung aufgrund der dynamischen Entwicklung der Wissensgebiete fortwährend vor der Herausforderung, neue Forschungsgebiete und Disziplinen zu etablieren und zu unterstützen. Die tradierten Institutionen der Forschung benötigen Anpassungs- und Erneuerungsfähigkeit, so dass sie zu Trägern neuer Forschungsgebiete und Wissensdynamiken werden können. Reproduktion und Erneuerung der institutionellen Strukturen der Forschung sind dabei nicht ein Spezialproblem des Wissenschaftssystems, sondern von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung, weil die funktional differenzierten Teilsysteme der Gesellschaft nicht-substitutive Leistungen erbringen, also nicht von jeweils anderen Teilsystemen ersetzt werden können (Luhmann 1997). Funktionstüchtige institutionelle Strukturen der Wissenschaft stellen daher eine wichtige Randbedingung für die Operationen anderer Teilsysteme dar, deren Leistungsfähigkeit auf vielfältige Weise mit denen des Wissenschaftssystems verknüpft ist, beispielsweise bei der Entwicklung neuer Technologien oder der Erschließung neuer Märkte.

Die Systemtheorie bringt zum Ausdruck, dass das Spezifische des Wissenschaftssystems darin besteht, *Neuheit und Anschlussfähigkeit operativ miteinander zu verbinden*. Bei wissenschaftlichen Kommunikationen geht es im Prinzip um die Entstehung und die Verbreitung von neuem Wissen, das an bereits publiziertes Wissen anschließt und das gleichzeitig darauf angelegt ist, bei zukünftigen Kommunikationen Anschluss zu finden. Durch die kommunikationstheoretische Fassung der Systemtheorie wird allerdings vernachlässigt, dass *Neuheit und Anschlussfähigkeit in einem fundamentalen Spannungsverhältnis* zueinander stehen. Anschlussfähigkeit betont Konformität zur disziplinären Forschung und sucht vorhandenes Wissen zu verfeinern. Demgegenüber liegt die Betonung bei Neuheit auf der Diskrepanz zu gewohnten Denkweisen und der Überwindung von etabliertem Wissen (Polanyi 1969, Whitley 2000). Beispielsweise brach die Quantentheorie Max Plancks so fundamental mit der herkömmlichen Physik, dass seine später mit dem Nobelpreis bedachte Theorie mehr als ein Jahrzehnt von führenden Physikern abgelehnt wurde. Auch die Theorie asymmetrischer Information und adverser Selektion des Ökonomen George Akerlof stieß auf starken Widerstand, bevor sie schließlich von führenden Fachvertretern anerkannt und mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde (Heinze 2008a). Der theoretisch entscheidende Punkt ist, dass es institutionelle Strukturen der Forschung sind, in denen die fundamentale Spannung von Neuheit und Anschlussfähigkeit stabilisiert wird. Allgemein wird dieser Sachverhalt in der anthropologischen Institutionenlehre formuliert, die eine zentrale Funktion von Institutionen in der Stabilisierung von antriebsbedingten Spannungen sieht (Gehlen 2004). Wissenschaftliche Forschung als Institution stabilisiert folglich die fundamentale Spannung zwischen dem Antrieb nach neuem Wissen und der Überschreitung des gegenwärtigen Wissensvorrats auf

der einen Seite, und dem Drang nach Verfeinerung des etablierten Wissens und der Einpassung in vorhandene Denkweisen auf der anderen Seite. Die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems hat somit mit dem Spannungsverhältnis zwischen neuen Ideen und kommunikativer Anschlussfähigkeit zu tun.

Kreativität als soziologisches Konzept steht für dieses Spannungsverhältnis. Um Kreativität genauer zu definieren, ist es hilfreich, die beiden Dimensionen Neuheit und Anschlussfähigkeit in einem Koordinatensystem mit jeweils niedriger und hoher Ausprägung darzustellen. Aus dieser Darstellung resultieren vier Forschungstypen (Abb. 1).

Abbildung 1: Vier Typen von Forschungsleistungen



Quelle: Heinze (2008a)

Links oben (Q1) beginnend finden wir Beiträge, die in hohem Grade neu sind, aber von Kollegen nicht für anschlussfähig gehalten werden. Die Beispiele von Planck und Akerlof fallen anfänglich in diese Kategorie. Rechts oben (Q2) finden wir demgegenüber Beiträge, die sowohl neu als auch anschlussfähig sind. Die produktive Verbindung der beiden in einem Spannungsverhältnis zueinander stehenden Prinzipien ist gleichbedeutend mit Kreativität. *Kreative Forschungsleistungen sind sowohl neu als auch anschlussfähig.* Plancks und Akerlofs Theorien fallen zu einem späteren Zeitpunkt in diese Kategorie, was den enormen Wandel in der Beurteilung ihrer Anschlussfähigkeit durch die scientific community anzeigt. Rechts unten (Q3) sind Beiträge mit geringem Neuigkeitsgrad, jedoch hoher Anschlussfähigkeit. Dies sind Beiträge des Mainstreams, also inkrementelle Verbesserungen innerhalb etablierter Disziplinen und Forschungsfelder. Die vierte und letzte Kategorie links unten (Q4) beinhaltet Beiträge, die weder besonders neu, noch besonders anschlussfähig sind. Obwohl dies eine Residualkategorie zu sein scheint, umfasst sie die Mehrzahl aller veröffentlichten

Arbeiten. Denn den in der Bibliometrie nachgewiesenen Skalengesetzen zufolge werden die meisten publizierten Arbeiten nie zitiert und bleiben daher unbeachtet (van Raan 2004).

Dieses Vierfelderschema differenziert nicht nur vier Kategorien von Forschungsleistungen, sondern es beschreibt auch zeitliche Abläufe. So lässt sich bei Planck und Akerlof eine Bewegung von Q1 zu Q2 beobachten. Diese Bewegung wird zu Q3 fortgesetzt, da ihre Theorien im Rahmen der Mainstreamforschung schrittweise weiterentwickelt wurden. Auch ein um den linken oberen Quadranten verkürzter Pfad von Q2 zu Q3 ist denkbar, wenn die Originalität der Beiträge in der scientific community von Beginn an unumstritten ist. Schließlich bleiben viele umstrittene Beiträge (Q1) dauerhaft anschlusslos und werden schließlich vergessen (Q4). Zweitens sind die in Q2 angesiedelten Beiträge nicht identisch mit den Theorien, die nach Kuhn (1962) zu wissenschaftlichen Revolutionen führen. Die hier als kreativ definierten Arbeiten bleiben in der Regel innerhalb bestimmter Paradigmen.

Das hier zugrunde gelegte Verständnis von Kreativität stellt *Produkte der Forschung* in den Vordergrund und weniger kreative Prozesse oder kreative Personen. Zudem sieht es neues und anschlussfähiges Wissen als eine Leistung des Teilsystems Wissenschaft und seinen institutionellen Strukturen. Damit lässt sich die Ausgangsfrage präzisieren: das Konzept der Kreativität wirft die Frage auf, wie institutionelle Strukturen beschaffen sein müssen, damit sie die Herstellung anschlussfähiger Neuerungen ermöglichen (bzw. nicht behindern). Mit anderen Worten: welche institutionellen Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit aus wissenschaftlicher Forschung tatsächlich kreative Leistungen hervorgehen und nicht allein Beiträge, die umstritten sind (Q1), unbeachtet bleiben (Q4) oder zum Mainstream (Q2) gehören? Kreativität bezeichnet den Kernbereich der Leistungsfähigkeit des wissenschaftlichen Teilsystems im Sinne einer stabilisierten Spannung zwischen dem Antrieb nach neuem Wissen und dem Drang nach Verfeinerung des etablierten Wissens.

Kreativität ist somit das Schlüsselkonzept, mit dem die systemtheoretische Perspektive, dass wechselseitig anschlussfähige Kommunikationen die Basisoperationen sozialer Systeme sind, und die institutionalistische Perspektive, derzufolge konkrete institutionelle Arrangements die Spannung zwischen Neuheit und Anschlussfähigkeit stabilisieren, angemessen berücksichtigt wird. Das heißt weder, dass die eine Perspektive gegen die andere ausspielt wird, noch dass beide Perspektiven ineinander überführt oder integriert werden sollen. Kreativität ist vielmehr eine *konzeptuelle Brücke*, die die eine Theorieperspektive mit der anderen verklammert ohne beide Perspektiven miteinander zu verschmelzen.

Als Leistung des Wissenschaftssystems und seiner Institutionen kann die Herstellung neuen und anschlussfähigen Wissens dabei auf unterschiedlichen Aggregationsebenen untersucht

werden: Wissenschaftler, Labore und Forschergruppen, Forschungsorganisationen, Disziplinen und intellektuelle Felder sowie ganze Populationen. Keine dieser Ebenen besitzt einen theoretischen Vorrang bei der Erklärung kreativer wissenschaftlicher Leistungen. Zwar wird ein solcher Vorrang beispielsweise in der psychologischen Forschung der Persönlichkeit (und teilweise der Gruppe) eingeräumt (Sternberg 2003, Weinert 2000, Amabile 1996). Aus der Verklammerung der Systemtheorie mit der institutionalistischen Perspektive im Rahmen des hier entwickelten Kreativitätskonzepts folgt dagegen eine methodische Offenheit für Analysen auf verschiedenen Ebenen.

2.2 Zum Stellenwert der gesellschaftstheoretischen Fragestellung in der Literatur

Die Beiträge der Habilitationsschrift beziehen sich auf verschiedene Analyseebenen. Bevor Ergebnisse aus diesen Beiträgen im Einzelnen vorgestellt werden (Kap. 3), wird jedoch geklärt, welche Forschung es zu diesem Thema bereits gibt. Eine gesellschaftstheoretische Perspektive findet sich noch am ehesten bei Robert K. Merton, dem Begründer der Wissenssoziologie. Zwar hat Merton im Vergleich zu Parsons, Habermas oder Luhmann keine eigene Gesellschaftstheorie vorgelegt (und dies auch nicht angestrebt), dennoch sind seine Arbeiten von der Vorstellung getragen, dass Wissenschaft als Praxisform eine Errungenschaft darstellt, die sowohl einer eigenen normativen Stabilisierung bedarf als auch der Passfähigkeit mit anderen gesellschaftlichen Wertemustern. Merton hatte in seiner Dissertation dargelegt, dass die von der Ethik des Puritanismus propagierten Werte des Utilitarismus und des Empirismus die Entstehung der ersten wissenschaftlichen Akademien, vor allem der Royal Society in London beförderten (Merton 1968a). Weiterhin argumentierte er, dass totalitäre politische Systeme, etwa im nationalsozialistischen Deutschland, Widerstand gegen die normativen Grundlagen (Universalismus, Kommunalismus, Uneigennützigkeit, Skeptizismus) und die Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit viel effektiver organisieren und damit die Leistungsfähigkeit der Forschung nachhaltiger schwächen können als liberal verfasste politische Ordnungen (Merton 1968b, 1968c, Wang 1999).

In der Nachfolge Mertons sind zahlreiche Arbeiten zur Industrieforschung entstanden, die das Spannungsfeld von Anwendungs- und Verwertungsinteressen und auflagenfreier Grundlagenforschung thematisieren (z.B. Kornhauser 1962, Cotgrove/Box 1970). In der neueren Forschung wird dieser Wertekonflikt zwischen Wirtschaft und Wissenschaft besonders bei Hochtechnologiefeldern diskutiert (z.B. Eisenberg 1987, Heller/ Eisenberg 1998). Dort manifestiert er sich allerdings nicht allein in Form von intra-organisationalen Problemlagen und Rollenkonflikten, sondern zunehmend in organisationsübergreifender Zusammenarbeit zwischen akademischer und industrieller Forschung. In der Biotechnologie haben Industrie-

kooperationen beispielsweise einen zweigeteilten Effekt: während sie zu einer Schwächung der Originalität der akademischen Forschung in der Breite führen, steigern sie die Leistungsfähigkeit der etablierten wissenschaftlichen Elite (Evans 2004).

Auch neuere Arbeiten zur Forschungsfinanzierung durch das Militär in den 1950er und 1960er Jahren demonstrieren die Diskrepanz zwischen den dort etablierten Werten der Geheimhaltung und der befehlsförmigen Folgebereitschaft auf der einen Seite und den Werten der universellen Wissensverbreitung und der gemeinschaftlichen Priorisierung von Forschungsfragen auf der anderen Seite (Doel 2003, Hamblin 2005). Diese Analysen zur Passfähigkeit und Konflikthaftigkeit unterschiedlicher gesellschaftlicher Wertemuster verlieren die gesellschaftstheoretische Fragestellung, wie ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem möglich ist und wie es institutionell reproduziert werden kann, nicht aus dem Blick. Zwar sind die Wissenschaftshistoriker Doel und Hamblin keine Gesellschaftstheoretiker. Ihre Fragestellungen sind aber so konzipiert, dass das Verhältnis des Wissenschaftssystems zu anderen Teilsystemen und die daraus ableitbaren Konsequenzen für die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit systematisch beleuchtet werden. Sie zeigen beispielsweise, dass im Zuge der militärischen Patronage Felder wie Ozeanographie oder Seismologie stark wachsen konnten, dieses Wachstum jedoch mit zahlreichen Restriktionen hinsichtlich der Wahl von Forschungsthemen sowie des Zugangs und der Verbreitung von Forschungsergebnissen erkaufte wurde. Vor allem die Geheimhaltung von Daten und Beschränkungen bei Konferenzen haben die Entstehung einer weltweiten scientific community in der Ozeanographie behindert. Gleichzeitig wurde aufgrund des ausgeprägten militärischen Interesses an Wasserströmungen und marinen Gebirgsformationen die physikalische Erforschung der Ozeane viel stärker gefördert als die Meeresbiologie.

Im Gegensatz dazu ist die gesellschaftstheoretische Perspektive aus den meisten neueren Studien der organisationssoziologischen Wissenschaftsforschung und der Governanceforschung verschwunden. Während frühe Studien noch das Spannungsfeld zwischen wissenschaftlichem Ethos und betriebsförmiger Forschung sowie die aus diesem Spannungsfeld resultierenden Folgen für die Leistungsfähigkeit der Forschung in den Mittelpunkt stellen, so begnügen sich die meisten neueren Studien mit der Beschreibung und Analyse des institutionellen Umbaus der Wissenschaft entlang des New-Public-Management-Paradigmas. Nur wenige Studien schlagen eine Brücke zu der weiter gefassten gesellschaftstheoretischen Frage nach den institutionellen Faktoren eines innovationsfreundlichen Wissenschaftssystems.

Relevante Befunde finden sich auch in der Organisationssoziologie. Ausgangspunkt bei organisationssoziologischen Studien war zunächst das Problem, wie Forschungseinrichtungen

eine normative Folgebereitschaft etablieren können. Nach Etzioni (1961) sind Forschungseinrichtungen als normative Organisationen nur dann leistungsfähig, wenn es ihnen gelingt, ihre Mitglieder auf die geltenden professionellen Standards zu verpflichten. Im Gegensatz zu utilitaristischen Organisationen lassen sich Arbeitsresultate und Arbeitsqualität bei Forschungseinrichtungen weniger effektiv standardisieren und kontrollieren, so dass eine wirksame Steuerung vor allem über die Mechanismen Rekrutierung und Sozialisation erfolgt. Zudem wird ein großer Teil der Forschung betriebsförmig durchgeführt. Damit können die in der Organisationssoziologie untersuchten Rigiditäten wie Routinisierung, Segmentation, Hierarchisierung und Trägheit die Entfaltungsmöglichkeiten wissenschaftlicher Arbeit behindern. Bürokratische Organisation verdrängt beispielsweise Reputation durch hierarchische Autorität und kognitive Offenheit durch festgelegte Kompetenzordnungen. Auf diese Weise schwächt sie die Eigendynamik und Flexibilität der wissenschaftlichen Forschung (z.B. Gornitzka et al. 1998).

Eine Reihe empirischer Arbeiten hat sich mit dem Einfluss von Organisationsmerkmalen auf die Leistungsfähigkeit von Wissenschaftlern, Forschergruppen und ganzen Forschungseinrichtungen befasst. Die erste umfassende Studie wurde von Pelz/Andrews (1966) vorgelegt, die den Einfluss von Entscheidungsbefugnissen, Gruppengröße, Aufgabenvielfalt, Kommunikationsmustern und hierarchischer Leitung auf die Motivation, Kreativität und Produktivität von Wissenschaftlern in Universitäten, staatlich finanzierten außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Industrielabors in den USA untersucht. Die Autoren belegen u.a., dass hohe Interaktionshäufigkeit, umfangreiche Entscheidungsbefugnisse und ein breites Aufgabenspektrum kombiniert mit hoher Autonomie bei der Festlegung von Forschungsstrategien die Leistungsfähigkeit von Wissenschaftlern erhöht. Ebenfalls zeigen sie, dass die wissenschaftliche Produktivität oberhalb einer Gruppengröße von 5-9 Personen stagniert, während mit zunehmender Anzahl organisationsinterner Kontakte außerhalb der eigenen Forschergruppe die Produktivität ansteigt.

Ein weiterer bedeutender Beitrag ist die von Andrews (1979) vorgelegte Studie zur Performanz von Forschergruppen in Österreich, Belgien, Finnland, Ungarn, Polen und Schweden, die neben den bereits genannten Organisationsvariablen auch den Einfluss von Führungsqualität, materieller und personeller Ausstattung der Gruppen sowie deren Forschungsplanung auf verschiedene Leistungsmaße bestimmt. Die Studie zeigt u.a., dass die Performanz von Forschergruppen weniger von den tatsächlichen Ressourcen abhängt als von der Zufriedenheit der Gruppenmitglieder mit der vorhandenen Ausstattung. Ebenfalls wird ein positiver Motivations- und Leistungseffekt nachgewiesen, wenn die Gruppenleiter in die laufende

Forschung involviert bleiben und nicht vollständig von administrativen Aufgaben absorbiert werden. Die Studie identifiziert darüber hinaus einen u-förmigen Zusammenhang zwischen Gruppengröße und Performanz, wobei der Schwellenwert, ab dem die pro-Kopf-Leistung der Wissenschaftler stagniert bzw. sinkt, in den Naturwissenschaften bei 4-6 Personen liegt.

Unter den neueren organisationssoziologischen Beiträgen sind besonders die Analysen von Hollingsworth (2002, 2004, 2006) zur Biomedizin zu nennen, bei denen sich die bislang detaillierteste Untersuchung zum Einfluss institutioneller Variablen auf Forschungsdurchbrüche findet. Der Autor entwickelt ein Mehrebenenschema, das die Einflüsse von institutioneller Umwelt und ausgewählten Organisationsvariablen auf die Fähigkeit von Forschungseinrichtungen zu kognitiven Innovationen zu systematisieren sucht. Er benennt für Forschungsdurchbrüche zentrale Variablenausprägungen auf der Organisationsebene. Hierzu zählt er u.a. moderat hohe wissenschaftliche Diversität, häufige Interaktion zwischen Wissenschaftlern aus verschiedenen Disziplinen, ausgeprägte Fähigkeit der Institutsleitung zur Integration wissenschaftlicher Diversität sowie hohe Autonomie und Flexibilität in Fragen der Finanzierung, der Etablierung neuer Gebiete und der Rekrutierung von Wissenschaftlern. Je mehr dieser Variablenausprägungen realisiert sind, umso wahrscheinlicher sind Forschungsdurchbrüche in diesen Organisationen. Weiterhin argumentiert Hollingsworth, dass diese Variablen nur in schwachen institutionellen Umwelten variieren und folglich auch nur dann die von ihm genannten Ausprägungen annehmen können. Das bedeutet, dass Organisation und Labor in restriktiven institutionellen Umwelten keine frei variierenden Variablen, sondern durch Umweltmerkmale voreingestellt sind. In restriktiven Umwelten werden demnach die für kognitive Durchbrüche notwendigen Variablenausprägungen auf der Organisations- und Laborebene nicht realisiert, da die Umwelt den beiden nachgeordneten Ebenen zu viele Auflagen bei der Rekrutierung und der Qualifikation des wissenschaftlichen Personals, der Etablierung neuer Disziplinen und der Forschungsfinanzierung macht.

Hollingsworths Arbeiten sind nicht explizit gesellschaftstheoretisch gerahmt. Allerdings steht das von ihm verwendete Konzept des Forschungsdurchbruchs dem hier vertretenen Kreativitätskonzept sehr nahe. Zudem spitzt Hollingsworth im Gegensatz zu Pelz/Andrews (1966) und Pelz (1979) sowie zahlreichen anderen Autoren seine Befunde theoretisch stärker zu. Hierzu macht er Anleihen bei der Theorie komplementärer institutioneller Strukturen, die in der politischen Ökonomie entwickelt wurde (z.B. Amable 2000, Hall/Soskice 2001). Dieser Theorie zufolge stehen Institutionen eines nationalen Produktionssystems (z.B. die industriellen Beziehungen, die Aus- und Weiterbildung sowie die Unternehmenskontrolle) in funktionalen Abhängigkeiten. Sie bilden kohärente institutionelle Regimes, die bestimmte

Leistungsmerkmale aufweisen. So bringt das atlantisch-liberale Produktionssystem eher radikale technische Innovationen hervor, während das rheinisch-organisierte Regime in inkrementellen technischen Neuerungen Spezialisierungsvorteile aufweist. Hollingsworth zufolge existieren ausgeprägte funktionale Abhängigkeiten auf der Organisationsebene und zwischen den drei Ebenen der Umwelt, der Organisation und des Labors. Die Regelungsstrukturen dieser drei Ebenen bilden kohärente Regimes, die kognitive Innovationen entweder befördern oder behindern. Hierbei stuft Hollingsworth das US-amerikanische Forschungssystem als innovationsfreundlich und das deutsche bzw. französische als innovationsfeindlich ein.

Auch in der organisationssoziologischen Netzwerkforschung wurde in den vergangenen Jahren zunehmend der Einfluss von institutionellen Faktoren auf die Genese von Innovationen und Kreativität untersucht, allerdings ohne eine dezidiert gesellschaftstheoretische Ausrichtung. Unter den Netzwerkstudien nehmen die Arbeiten von Burt (1992, 2004) eine prominente Stellung ein. Burt argumentiert, dass nicht-redundante Kontaktmuster dabei helfen, vom eigenen Wissensstand abweichende Perspektiven zu entdecken und auf diese Weise zu lernen. Während Akteure mit dicht verknüpften, also redundanten Kontakten dieselbe Wissensbasis teilen und in der Interaktion folglich nur wenig voneinander lernen können, bieten sich Akteuren in löchrigen Kontaktnetzen häufiger Gelegenheiten, neue Informationen zu finden und auf innovative Weise miteinander zu verknüpfen. Es ist somit die Position des Brokers, die Zugang und Synthese variierender Informationen und Perspektiven ermöglicht. Burts Theorie wurde von zahlreichen Studien bestätigt (z.B. Zaheer/Bell 2005). In einer aktuellen Untersuchung zu Patentnetzwerken wurde sie dahingehend präzisiert, dass sich die zur Genese neuer Ideen förderliche Netzwerkstruktur nicht unbedingt zur Diffusion dieser Ideen eignet. Zwar sind Erfinder in Broker-Positionen tatsächlich innovativer als Erfinder mit dicht verknüpften Kontaktstrukturen. Sie haben aber Schwierigkeiten, innerhalb der Broker-Netzwerke ihre neuen Ideen effektiv zu verbreiten (Fleming et al. 2007). Die Befunde von Fleming et al. bestätigen wiederum das Spannungsverhältnis zwischen Neuheit und Anschlussfähigkeit.

Die Studien von Pelz/Andrews (1966), Andrews (1979), Hollingsworth (2002 ff.) und Burt (2004) untersuchen den Einfluss konkreter institutioneller Faktoren auf Leistungen von Organisationen. Sie beschäftigen sich nicht vordringlich mit der Frage des institutionellen Wandels im Wissenschaftssystem. Der aktuelle institutionelle Umbau im Wissenschaftssystem wird zum Teil in der Governanceforschung behandelt. Hier werden vor allem die Konsequenzen des Wandels der Forschungsfinanzierung und der Organisationsstrukturen seit

den 1980er Jahren untersucht. Allerdings wird dieser Wandel nur von wenigen Autoren in einem breiter angelegten gesellschaftstheoretischen Zusammenhang diskutiert.

Eine wichtige Dimension des institutionellen Wandels im Wissenschaftssystem ist die Substitution von institutioneller Grundfinanzierung durch Drittmittel. Hierzu sind Studien zur Qualität der Begutachtungsprozesse der Drittmittelgeber und zu organisationalen Einflussfaktoren auf die Begutachtungsergebnisse vorgelegt worden. Langfeldt (2001) zeigt beispielsweise, dass knappe Bewilligungsbudgets den intellektuellen Pluralismus schwächen und zu einer Konzentration der Forschung in etablierten Disziplinen und Feldern führen, gleichzeitig aber verhindern, dass außerwissenschaftliche Prioritäten (z.B. Felderproporz, Anwendungsrelevanz) Eingang in die Entscheidungskalküle von Gutachtergremien finden. Laudel (2006) belegt in ihrer Studie zu Forschungsstrategien australischer und deutscher Physiker, dass Drittmittelfinanzierung Wissenschaftler dazu zwingt, extern vorgegebene Themen aufzugreifen und risikoreiche Themen zu vermeiden. Drittmittelfinanzierung stärkt der Autorin zufolge Themen, die zügig zu Publikationen führen, während sie Forschungslinien mit langfristig orientierten Fragestellungen aussortiert. Schließlich zeigen Melin/ Danell (2006) in ihrer Analyse eines Programms zur Förderung von Nachwuchswissenschaftlern in Schweden, dass infolge eines vorab festgelegten Budgets nur die Hälfte der förderwürdigen Bewerber zum Zug kommen konnte. Nicht nur gaben letztlich subjektive Präferenzen den Ausschlag bei der Vergabe der Fördergelder; auch das Kreativitätspotenzial des gesamten Bewerberpools wurde nur unzureichend genutzt.

Einen gesellschaftstheoretisch motivierten Beitrag zu den Folgen der Umstellung der Forschungsfinanzierung auf Drittmittel wird von Münch (2007, 2008) vorgelegt. In seinen an Bourdieu und Foucault orientierten Analysen der Verteilung und Reproduktion von Kapital und Macht im akademischen Feld argumentiert er, dass die Zuteilung knapper materieller Ressourcen nicht der wissenschaftlichen Leistung folgt, sondern der Verteilung des symbolischen (Mitgliedschaft in Fachausschüssen der DFG), sozialen (Mitgliedschaft in Akademien) und ökonomischen (Mitarbeiterzahl, naturwissenschaftlich-technisches Profil) Kapitals. Die von Forschungsleistungen weitgehend abgekoppelte Kapitalreproduktion führt mittel- und langfristig zu einer Konzentration der Forschung an Großstandorten und zur Stärkung von Hierarchien. Parallel dazu suggeriert ein von den wissenschaftspolitischen Eliten geführter Diskurs, dass Spitzenforschung nur an großen Standorten möglich sei und die knappen Ressourcen an solche Standorte verlagert werden sollten. Die Folgen des Kapitalkreislaufs und des hegemonialen Diskurses bestehen nach Münch in einer Schwächung des Reputationswettbewerbs und in einer Schwächung kreativer Forschungsansätze.

Weitere Arbeiten wurden zum institutionellen Wandel der Universitäten vorgelegt. Im Zuge der institutionellen Umgestaltung des Hochschulsektors in Europa fand eine Kompetenzverlagerung von der Ebene der staatlichen Zuwendungsgeber und der akademischen Selbstverwaltung auf die Ebene der Hochschulleitungen statt, vor allem in den Bereichen Personalrekrutierung und Einkommensgestaltung (Enders 2000, Schimank 2005, de Boer et al. 2007, Lange/Schimank 2007). Unter den Bedingungen stagnierender Hochschulbudgets musste die Stärkung hochschulinterner Hierarchien in der Regel allerdings kostenneutral bewältigt werden. Um die Hochschulleitungen mit eigenen Budgets auszustatten und so ihre Entscheidungskompetenzen zu erweitern, wurden die Grundgehälter der Beschäftigten abgesenkt und gleichzeitig variable Komponenten der Entlohnung eingeführt, die über Kennziffern gesteuert werden (Enders 2000). Zudem wurden aufkommensneutral Personalkapazitäten geschaffen, indem die Möglichkeiten der Stellenbefristung und der Stellenumwidmung erheblich erweitert wurden (Musselin 2005).

Im Anschluss an die neoinstitutionalistische Theorie der *world polity* von Meyer stehen Untersuchungen zur Transformation der Universitäten in Organisationen (Frank/ Gabler 2006, Krücken/ Meier 2006, Meier 2009). In diesen Arbeiten wird argumentiert, dass die Universität umso mehr die Züge einer formalen Organisation annimmt und ihre einst prägenden Bindungen an Staat und Professionen abstreift, je umfassender sich das Rationalitätsmuster des handlungsfähigen und sich selbst regierenden Akteurs als Teil der Kultur der *world polity* durchsetzt. Diese Arbeiten gehören zu den wenigen gesellschaftstheoretischen Analysen. Der institutionelle Wandel der Hochschulen wird hier als Teil eines weltweiten Rationalisierungsprozesses aufgefasst, durch den immer mehr Akteure (neben Individuen und Nationalstaaten vor allem Organisationen) geschaffen und vorhandene Akteure mit höherer Handlungsfähigkeit ausgestattet werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Einfluss der institutionellen Rahmenbedingungen auf die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystem am stärksten in der von Merton geprägten Wissenschaftssoziologie behandelt wird. In der Organisationssoziologie und in der Governanceforschung ist die gesellschaftstheoretische Perspektive dagegen nur schwach vertreten. Die genannten Ausnahmen bestätigen die Regel. Daher versteht sich die Habilitationsschrift als ein Beitrag zur Stärkung der gesellschaftstheoretischen Perspektive in der organisationssoziologischen Wissenschaftssoziologie und der Governanceforschung.

3. Fragestellungen und Ergebnisse der Habilitation

Nachdem Kreativität als soziologisches Konzept eingeführt und die Ergebnisse der bisherigen Forschung resümiert wurden, sollen nunmehr die Fragestellungen und Erträge der einzelnen Beiträge der Habilitation vorgestellt werden.

Die Habilitationsschrift hat nicht den Anspruch, einen vollständigen Aufriss zur Frage nach den institutionellen Rahmenbedingungen für ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem zu liefern. Vielmehr besteht sie aus vertieften Einzelstudien, die zentrale Aspekte dieser Fragestellung behandeln. Die einzelnen Beiträge stehen dabei in einem komplementären Verhältnis. Zusammengenommen thematisieren sie alle relevanten Aggregationsebenen von der Gruppe bis zur Population. Sie verhalten sich zueinander wie die in einem Seil verflochtenen Stränge. Jeder Aufsatz verbindet eine Reihe von Unterthemen und Aspekten in wechselnden Kombinationen. Die bereits eingeführte Literatur wird in den einzelnen Beiträgen soweit erforderlich durch weitere Konzepte und Bereichstheorien ergänzt.

Am Anfang steht eine Definition kreativer Forschungsleistungen. Während Pelz/Andrews (1966) und Andrews (1979) heterogene Leistungsparameter wie Anzahl der Publikationen, Einschätzung durch Vorgesetzte sowie technische Relevanz verwenden, operationalisiert Hollingsworth Forschungsdurchbrüche mithilfe eines eng definierten Sets prestigeträchtiger Wissenschaftspreise. Bei allen drei Autoren bleibt ungeklärt, welche Leistungsdimensionen konkret abgedeckt sind. Demgegenüber wird in der vorliegenden Arbeit eine Typologie eingeführt, die kreative Forschungsleistungen klassifiziert. Weiterhin wird geklärt, wie sich herausragende Forschungsleistungen empirisch erfassen lassen. Hollingsworth (2002 ff.) untersucht im Wesentlichen Forschungsdurchbrüche in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, während Pelz und Andrews (1966, 1979) Forschungsleistungen der 1950er und 1970er Jahre erfassen. Eine aktuelle Analyse der institutionellen Faktoren kann jedoch den Wandel in der Governance der Forschung seit den 1980er Jahren nicht außen vor lassen. Daher wird eine Methode eingeführt, mit der sich herausragende wissenschaftliche Leistungen der jüngeren Zeit in konkreten Forschungsfeldern empirisch identifizieren lassen. Diese Methode basiert auf der Kombination einer in Europa und den Vereinigten Staaten durchgeführten schriftlichen Befragung und einer Analyse von Trägern wichtiger Forschungspreisen (Kap. 3.1).

Diese Methode stellt eine wichtige Vorarbeit für die nachfolgende Untersuchung institutioneller Faktoren dar. In einem ersten Schritt wird empirisch überprüft, ob die Netzwerkposition oder die Produktivität eines Wissenschaftlers seine Kreativität stärker beeinflusst. Dafür wird die Netzwerktheorie von Burt (1992, 2004) auf den Bereich Wissenschaft angewendet. Mit einem umfangreichen Publikationsdatensatz werden im Längsschnitt Merkmale der Kontakt-

netzwerke und des Publikationsverhaltens kreativer Wissenschaftler im Feld Nanowissenschaft auf ihren Erklärungsbeitrag für herausragende Forschungsleistungen hin überprüft (Kap. 3.2). In einem zweiten Schritt werden verallgemeinerbare Gruppen- und Organisationsmerkmale bestimmt, die die Fähigkeit von Forschergruppen zu anschlussfähigen Neuerungen beeinflussen. Gemäß Pelz/Andrews (1966), Andrews (1979) und Hollingsworth (2002 ff.) zählen zu den relevanten Variablen Gruppengröße, Gruppenalter, materielle und personelle Ausstattung, Vielfalt des individuellen Aufgabenspektrums, organisationstypische Kommunikationsmuster, wissenschaftliche Diversität, Vernetzung in verschiedene Disziplinen oder Zugang zu neuen Instrumenten. Diese und andere Merkmale werden auf der Gruppen- und Organisationsebene im Rahmen eines Fallstudiendesigns untersucht (Kap. 3.3).

Drittens wird ausgehend von den Ergebnissen der Netzwerkanalyse (Kap. 3.2) die weltweite Population kreativer Wissenschaftler im Feld Nanowissenschaft bestimmt. Die Bestimmung dieser Population ist von großem Interesse, wenn es um die Entwicklung von Forschungskapazitäten auf der Makroebene des Wissenschaftssystems geht. Daher wird mit den Längsschnittdaten der Wandel der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit im internationalen Vergleich untersucht (Kap. 3.4). Viertens werden ausgehend von den Befunden zu Gruppen- und Organisationsmerkmalen (Kap. 3.3) spezielle Förderprogramme für originelle und risikoreiche Vorhaben analysiert. Damit werden die Arbeiten von Langfeldt (2001), Laudel (2006) und Melin/Danell (2006) um die Analyse von eigens auf Kreativität zielenden Förderinitiativen ergänzt. Es wird diskutiert, inwieweit derartige Initiativen Schwachstellen in den nationalen Förderstrukturen kompensieren und wie sie sich von herkömmlichen Drittmittelformaten unterscheiden (Kap. 3.5).

Zwei weitere Beiträge der Habilitationsschrift widmen sich dem außeruniversitären, staatlich finanzierten Forschungssektor in Deutschland und seinem institutionellen Wandel. Der erste Beitrag befasst sich mit der Frage, welche institutionellen Faktoren heterogene Kooperationen befördern bzw. behindern (Heinze/Kuhlmann 2008). Diese Frage ist für den außeruniversitären Forschungssektor besonders relevant, weil er aufgrund seiner Aufteilung in die Domänen Grundlagenforschung (MPG), angewandte Auftragsforschung (FhG) und Großforschung (HGF) traditionell als versäult und segmentiert gilt (Hohn/Schimank 1990, Brook 1999). Die institutionelle Versäulung stellt vor allem für jene intellektuellen Felder eine Herausforderung dar, deren Dynamik vom Zusammenspiel zwischen verschiedenen Disziplinen sowie zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung abhängt. Ein solches intellektuelles Feld ist die multidisziplinäre Nanowissenschaft. Der Beitrag schließt eine Forschungslücke, weil er den Umfang der heterogenen Kooperationen quantifiziert, die kooperationsleitenden Motive

herausarbeitet und jene institutionellen Faktoren identifiziert, die Kooperationen innerhalb des außeruniversitären Forschungssektors fördern oder hemmen (Kap. 3.6).

Der zweite Beitrag zum außeruniversitären Forschungssektor befasst sich mit dem Wandel der Regelungsstrukturen und seinen Konsequenzen für die wissenschaftliche Performanz dieser Einrichtungen (Heinze/Arnold 2008). Während es zum institutionellen Wandel der Hochschulen eine Vielzahl von Studien gibt (Enders 2000, Schimank 2005, Musselin 2005, Lange/Schimank 2007), wurde der Wandel der Governance im außeruniversitären Forschungssektor bislang nicht eingehend untersucht. Die Forschungsfrage des Aufsatzes ist, ob und in welchem Umfang neue Regelungsstrukturen an die Stelle der traditionellen staatlichen Steuerung getreten sind. Der Beitrag diskutiert, in welchem Ausmaß analog zum Hochschulbereich staatliche Einflussmöglichkeiten reduziert und andere Koordinationsformen gestärkt wurden und welche Konsequenzen sich aus diesem Wandel für die Profile und die Leistungsfähigkeit der außeruniversitären Forschung ergeben. Damit werden interessante Vergleich zum Hochschulsektor möglich (Kap. 3.7).

3.1 Klassifikation kreativer Forschungsleistungen

Kreative Forschungsleistungen wurden bereits von drei anderen Forschungstypen abgegrenzt: unbeachtet, umstritten und mainstream (Abb. 1). Diese Abgrenzung beantwortet aber nicht die Frage, in welcher Hinsicht konkrete Forschungsleistungen für den Forschungsprozess sowohl neu als auch anschlussfähig sind. Daher wurde eine zweite Typologie mit fünf Kategorien kreativer Leistungen eingeführt, die den Quadranten Q2 inhaltlich näher bestimmt: (1) neue Theorien und Konzepte, (2) empirische Entdeckungen, (3) methodische Neuerungen, (4) neue Instrumente und (5) die Synthese bislang unverbundener Ideen (Heinze et al. 2007: Tab. 1, S. 132).

Diese Typologie hat drei Vorzüge. Erstens verdeutlicht sie im Gegensatz zur verbreiteten Gleichsetzung wissenschaftlicher Leistungen mit neuen Theorien und neuen Methoden, dass das Spektrum kreativer Forschungsleistungen auch die Entwicklung neuer Forschungsinstrumente und empirische Entdeckungen einschließt. Wie Merton in seiner ausführlichen Rekonstruktion des Serendipitätsbegriffs zeigt, wurden gerade empirische Entdeckungen fälschlicherweise oft als „zufällig“ und „unverdient“ interpretiert, so dass ihnen viel weniger wissenschaftliche Anerkennung zuteil geworden ist als theoretischen Arbeiten (Merton/Barber 2004). Zweitens benennt die Typologie die für die erfolgreiche Fortführung der Forschung besonders kritischen Bereiche. Sie erfasst daher gerade jene neuralgischen Punkte, an denen die Forschung häufig blockiert ist. So war die Entwicklung der Faktoranalyse durch Spearman eine methodische Neuerung, von der die Weiterentwicklung der Theorie der

Intelligenz, die viele Jahre auf der Stelle getreten war, entscheidend profitierte. Drittens lassen sich im Gegensatz zu anderen Typologien, beispielsweise der Typologie Sternbergs (2003), die fünf Kategorien an zahlreichen Beispielen aus verschiedenen Disziplinen und Forschungsfeldern gut veranschaulichen.

Die inhaltliche Typologie der Forschungsleistungen wurde in einem internationalen Forschungsprojekt empirisch erprobt und validiert. Hierzu wurden jeweils zwei Datensätze in den Feldern *Nanowissenschaft* und *Humangenetik* aufgebaut, die der Identifikation konkreter Forschungsdurchbrüche dienen (Heinze et al. 2007: Fig. 1, S. 138). Die Auswahl dieser beiden Forschungsfelder erfolgte aufgrund zweier Überlegungen. Erstens sollten die beiden Felder möglichst verschieden sein, um verallgemeinerungsfähige Schlussfolgerungen ziehen zu können. Die Nanowissenschaft ist ein Mitte der 1980er Jahre entstandenes, multidisziplinäres Feld mit Schwerpunkten in angewandter Physik, Festkörperphysik, Materialwissenschaften und physikalischer Chemie. Demgegenüber ist die Anfang des 20. Jahrhunderts entstandene interdisziplinäre Humangenetik deutlich älter und weist einen medizinischen und lebenswissenschaftlichen Schwerpunkt auf.

Zweitens ist Wachstum eine wichtige Kontextbedingung für die Entwicklung kreativer Ideen. In wachsenden intellektuellen Feldern werden mehr neue Ideen hergestellt (mehr Variationen), und die Mechanismen zur Aussortierung origineller Ideen sind schwächer (weniger Selektion). Umgekehrt gilt, dass in Phasen der Stagnation originelle Ideen mit größerer Wahrscheinlichkeit aussortiert werden (March 1991, 2007). Diese Überlegung ist von Interesse, weil sich das Wissenschaftssystem (auf der Makroebene) seit den 1970er Jahren in einer Phase der relativen Ressourcenstagnation, das heißt des *steady state* befindet (Ziman 1994, Kölbel 2002), während Nanowissenschaft und Humangenetik (auf der Mesoebene) zwei ausgesprochene Wachstumfelder sind. Bei der Humangenetik resultiert der Wachstumsschub vor allem aus dem Humangenomprojekt in den 1990er Jahren (Sulston/ Ferry 2002). Im Gegensatz dazu geht die Wachstumsdynamik in der Nanowissenschaft auf eine Reihe kumulativer Forschungsdurchbrüche in der Physik und der Chemie zurück (Heinze 2006: 104-139). Die Analyse solcher Felder sollte folglich besonders ertragreich sein.

Das methodische Vorgehen war wie folgt (Heinze et al. 2007: Fig. 1, S. 138). Zunächst wurde ein Datensatz mit Nominierungen einer in Europa und den USA durchgeführten schriftlichen Befragung aufgebaut. Zu den befragten Experten zählen hochzitierte Wissenschaftler, aktive Forscher aus Wissenschaft und Industrie, Herausgeber der für das Feld maßgeblichen Fachzeitschriften und Akteure aus Forschungsfördereinrichtungen, im Falle Deutschlands beispielsweise der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Volkswagen-Stiftung. Die

Befragten wurden gebeten, bis zu drei kreative Forschungsleistungen der letzten zehn Jahre zu benennen und einer der fünf Kreativitätskategorien zuzuordnen. Zu den Ergebnissen der schriftlichen Befragung: Beide Felder unterscheiden sich hinsichtlich der genannten Kreativitätskategorien nur unwesentlich. Es entfallen ca. 45 Prozent auf Theorien und Methoden und ca. 35 Prozent auf Instrumente und empirische Entdeckungen. Auf die Synthese fragmentierter Ideen entfallen immerhin noch ca. 15 Prozent.

In einem zweiten Schritt wurde ein Datensatz mit Trägern wissenschaftlicher Preise in den beiden Feldern aufgebaut. Insgesamt wurden mehr als 70 Preise für Nanowissenschaft und Humangenetik identifiziert, darunter allgemeine Preise wie der Leibniz-Preis oder die CNRS-Medaillen, aber auch feldspezifische Preise wie die Genetics Society of America Medal oder der Feynman Prize. Die beiden Datensätze wurden anschließend vereinigt, um die eigentliche Zielgruppe identifizieren zu können: mehrfach nominierte bzw. mit Preisen ausgezeichnete Wissenschaftler und ihre Arbeitsgruppen. Es wurden also nur Wissenschaftler ausgewählt, die mehrere Preise erhalten haben oder mehrmals in der schriftlichen Befragung nominiert wurden oder sowohl Preisträger sind als auch nominiert wurden. Mehrfachnennungen stellen sicher, dass ein nennenswerter Konsens über die zugrunde liegenden Beiträge besteht. Im Sinne von Abb. 1 maximiert dieses methodische Vorgehen Q2 und es minimiert die umstrittenen Einträge in Q1. Insgesamt wurden von 689 nominierten Wissenschaftlern 76 oder 11 Prozent mehrfach genannt (Heinze et al. 2007: 140 ff.).

Die kombinierte Methode zur Identifikation konkreter Forschungsdurchbrüche stellt aufgrund ihrer breiten Datenbasis und der effektiven Ausschöpfung von Q2 eine deutliche Verbesserung gegenüber den in der Literatur verbreiteten eindimensionalen Ansätzen dar. Einige der Schwächen herkömmlicher Ansätze, die mit der kombinierten Methode vermieden werden, seien hier erwähnt. So sind allein auf bibliometrischen Kennziffern basierende Messungen kreativer Forschung aus mindestens zwei Gründen problematisch. Erstens bringen hochproduktive Forscher zwar quantitativ mehr Ideen als ihre weniger produktiven Kollegen hervor (Simonton 2004, Fleming/Szigety 2006). Diese fallen aber häufig in die Mainstream-Forschung (Audia/Goncalo 2007), so dass mit bibliometrischen Produktivitätskennziffern Q3 zulasten von Q2 überbewertet wird. Zweitens werden kreative Leistungen zwar häufig zitiert, der Umkehrschluss gilt aber nicht: hohe Zitatkennziffern indizieren nicht zuverlässig, dass es sich um bahnbrechende Beiträge handelt (Aksnes 2006). Daher überschätzen allein auf Zitatkennziffern fußende Analysen die Anzahl der Beiträge in Q2. Ein weiterer eindimensionaler Ansatz basiert auf prestigeträchtigen Preisen (Zuckerman 1979, Hollingsworth 2002ff). Analysen dieser Art sind extrem selektiv, denn es gibt deutlich mehr kreative Forschungs-

leistungen als Nobelpreisträger oder Träger ähnlich reputierter Auszeichnungen. Daher unterschätzen Analysen auf der Basis solcher Preise den Quadranten Q2.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Rahmen der kombinierten Survey-Preisträger-Methode aktuelle herausragende Forschungsarbeiten für die beiden Wachstumsfelder Nanowissenschaft und Humangenetik empirisch bestimmt werden. Damit wird die fünfstufige Typologie einem erfolgreichen Test unterzogen und gleichzeitig die Basis für daran anschließende qualitative und quantitative Untersuchungen geschaffen. Die Methode stellt aufgrund ihrer breiten Datenbasis und der effektiven Ausschöpfung kreativer Beiträge eine erhebliche Verbesserung gegenüber den in der Literatur verbreiteten eindimensionalen Ansätzen dar.

3.2 Position versus Produktivität. Netzwerkstrukturen und Publikationsverhalten kreativer Wissenschaftler in der Nanowissenschaft.

Die kreativen Wissenschaftler werden zunächst aus quantitativer Perspektive untersucht. Hierzu werden mithilfe einer Publikationsdatenbank ihre Kontaktstrukturen und ihr Publikationsverhalten untersucht. Theoretische Grundlage für diese Untersuchung ist die bereits skizzierte *theory of structural holes* von Burt (1992, 2004). Ihr wird die evolutions-theoretisch orientierte *chance figuration theory* von Simonton (1999, 2004) gegenübergestellt, die zwar nicht aus der Soziologie stammt, aber eine einflussreiche und vieldiskutierte Position zur Entstehung kreativer Forschungsleistungen ist. Beide Theorien werden mit Längsschnittdaten für das Feld Nanowissenschaft empirisch überprüft, wobei Burts Theorie empirisch mehr Unterstützung erfährt als Simontons Theorie.

Simontons *chance figuration theory* besagt im Kern, dass hohe Arbeitsproduktivität der Königsweg zu wissenschaftlicher Kreativität ist. Arbeiten hochproduktiver Wissenschaftler werden demnach häufiger zitiert und als originell wahrgenommen als Beiträge weniger produktiver Kollegen. Hierbei handelt es sich um ein einfaches Wahrscheinlichkeitsgesetz, demzufolge Originalität die probabilistische Folge eines hohen Forschungsoutputs ist. Simonton zufolge gilt die Linearfunktion $H = pT$ ($0 < p < 1$), wobei H die Anzahl kreativer Arbeiten, p die Wahrscheinlichkeit einer Bewertung als originell und T die Gesamtzahl der publizierten Arbeiten darstellen. Da p a priori einen sehr niedrigen Wert hat, steigt die Anzahl als originell bewerteter Arbeiten H nur mit der Anzahl der insgesamt erzeugten Ideenvariationen T . Je mehr neue Ideen ein Wissenschaftler hervorbringt, umso höher ist seine Chance, dass eine dieser Ideen anschlussfähig ist (Simonton 2004: 14-39).

Simontons und Burts Theorien sind in der Literatur bislang nicht systematisch aufeinander bezogen worden, obwohl sie alternative Erklärungsansätze bieten. Sie werden hier erstmals gegeneinander getestet. Da die meisten Mehrfachnennungen in der Nanowissenschaft zu verzeichnen sind (51 von 76), wird dieses Feld für die weitere Analyse ausgewählt. Hierfür wird ein Längsschnitt-Datensatz für die Jahre 1990 bis 2004 erstellt. Zur Sicherstellung einer genügend hohen Anzahl von Beobachtungen vor und nach dem jeweiligen Durchbruch werden 33 der 51 Wissenschaftler mit Arbeiten in den beiden Zeitfenstern 1996-1998 und 1999-2001 ausgewählt ($N_1=33$). Zusätzlich wird eine Kontrollgruppe gleicher Größe gebildet ($N_2=33$), die aus gleichermaßen produktiven Forschern in der Periode vor dem Durchbruch besteht. Damit wird den kreativen Forschern eine Vergleichsgruppe gegenübergestellt, die im Lichte des Ansatzes von Simonton die methodische Testlatte besonders hoch anlegt. Die abhängigen Variablen messen zum einen, ob ein Wissenschaftler zu N_1 oder N_2 gehört (binär kodiert), und zum anderen wie häufig er zitiert wird. Die unabhängigen Variablen sind Publikationszahl, (je nach Modell) Zitatzahl, Größe des Koautoren-Netzwerks, ein Broker-Index und Multidisziplinaritätsmaße. Insgesamt werden fünf Dreijahresperioden beobachtet: 1990-1992, 1993-1995, 1996-1998, 1999-2001 und 2002-2004. Der Einfluss dieser Variablen wird mit *fixed effects* LOGIT- und OLS-Modellen geschätzt (Heinze/Bauer 2007: 825 ff.).

Im Gegensatz zu den Daten, auf die Burt in seinen Studien zurückgreift, liegen bei Publikationsdaten nicht-gerichtete Beziehungen vor. Deshalb wird ein angepasstes Broker-Maß für ungerichtete Beziehungen berechnet. Es misst den prozentualen Anteil derjenigen Akteure, die nur durch den fokalen Wissenschaftler über gemeinsame Publikationen verbunden sind. Für das Konzept der Multidisziplinarität sind in der Literatur bislang keine einschlägigen Maßzahlen entwickelt worden. Daher wurde eigens ein solches Maß beruhend auf SCI-Fachzeitschriften entwickelt (vgl. Details zu einem weiteren, auf SCI-Fachgebieten basierenden Maß in Heinze/Bauer 2007). Der Index kombiniert dabei die Anzahl der Fachzeitschriften, die ein Wissenschaftler in seinen Publikationen in einer Zeitperiode abdeckt, mit der Konzentration in diesen Fachzeitschriften. Hierbei wird auf den Gini-Koeffizienten als relatives Konzentrationsmaß zurückgegriffen. Der Index nimmt hohe Werte an, wenn Wissenschaftler in einer Vielzahl von Fachzeitschriften mit gleichmäßiger Verteilung publizieren. Dagegen nimmt er geringe Werte an, wenn sich wenige Arbeiten in einzelnen Fachzeitschriften konzentrieren.

Die Ergebnisse der Längsschnitt-Untersuchung zeigen, dass kreative Forschungsleistungen durch Zitathäufigkeit und Multidisziplinarität erklärt werden. Die Menge der Zitate wiederum wird in erster Linie vom Broker-Index erklärt und nur in geringem Umfang von der

Publikationsanzahl (Heinze/Bauer 2007: Fig. 7, S. 827). Insgesamt relativieren unsere Ergebnisse die *chance figuration theory* zugunsten der *theory of structural holes*, denn erstens hat die Produktivität nur einen indirekten Effekt (über die Zitate) auf Kreativität, und zweitens ist ihr Einfluss auf die Zitathöhe im Vergleich zum Broker-Index sehr gering. Vielzitierte und damit besonders sichtbare Wissenschaftler sind im Vergleich zur Kontrollgruppe in ihrem Koautoren-Netzwerk somit häufiger Broker. Sie verfügen - in Übereinstimmung mit Burts Postulaten - über eine für die Entwicklung kreativer Ideen geeignete Kontaktstruktur. Häufig zitierte Wissenschaftler sind jedoch nicht notwendigerweise Vielpublizierer - im Gegensatz zu Simontons Postulat. Die *chance figuration theory* wird auch insoweit relativiert, als die Zitathöhe nicht allein kreative Forschungsleistungen erklärt. Das auf Fachzeitschriften basierende Multidisziplinaritätsmaß weist einen signifikant positiven Einfluss auf. Kreative Wissenschaftler bearbeiten somit ein breites Spektrum wissenschaftlicher Fragen, das sie in verschiedenen Fachzeitschriften publizieren. Sie unterscheiden sich damit von ihren hochspezialisierten und auf wenige Fachzeitschriften festgelegten Kollegen.

Auch der Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Publikationsvariable mit dem Broker- bzw. dem Multidisziplinaritäts-Index relativiert Simontons Theorie (Heinze/Bauer 2007: Fig. 1-6, S. 821ff.). Die Analyse der Produktivität zeigt, dass das Publikationsaufkommen von P1 erst nach dem Durchbruch signifikant anwächst, während dasjenige von P2 im Zeitverlauf stagniert bzw. sinkt. Dies bedeutet, dass der kreative Durchbruch zu einem Publikationsschub führt und nicht umgekehrt ein Publikationsschub zu kreativen Forschungsleistungen. Wissenschaftler beuten somit ihre anschlussfähigen Neuerungen in Form zahlreicher Publikationen aus. Demgegenüber liegen die Werte des Broker-Index und des Multidisziplinaritäts-Index bei P1 bereits jeweils vor dem Durchbruch bereits signifikant über denen von P2. Sie können daher als kausaler Einfluss interpretiert werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Theorie Burts mehr Unterstützung als die Theorie Simontons erhält. Von zentraler Bedeutung sind Netzwerkstruktur und Multidisziplinarität. Kreative Wissenschaftler verfügen zum einen über eine für die Entwicklung kreativer Ideen geeignete Kontaktstruktur. Zum anderen publizieren sie ihre Arbeiten in einem breiten Spektrum verschiedener Fachzeitschriften. Dies macht ihre neuen Arbeiten sowohl sichtbar als auch anschlussfähig.

3.3 Kreativitätsfördernde und -hemmende Gruppen- und Organisationsmerkmale

Neben dem Einfluss der Netzwerkstruktur werden in einem weiteren Schritt Gruppen- und Organisationsmerkmale bestimmt, die die Fähigkeit von Forschergruppen zu anschlussfähigen Neuerungen beeinflussen. Die von den einschlägigen Studien identifizierten

Variablen werden hierfür im Rahmen eines Fallstudiendesigns näher untersucht (Heinze et al. 2009). Die Fallstudien dienen der Identifikation verallgemeinerbarer Organisationsmerkmale. Damit die unabhängigen Variablen genügend Varianz aufweisen, wird eine möglichst große Zahl heterogener Fälle ausgewählt (George/Bennett 2005, Eisenhardt/Graebner 2007).

Ausgangspunkt sind wiederum die N=76 mehrfach genannten Wissenschaftler, die mit der kombinierten Survey-Preisträger-Methode in den beiden Feldern Nanowissenschaft und Humangenetik identifiziert wurden. Von diesen wurden N=20 für detaillierte Fallstudien ausgewählt. Zu den Auswahlkriterien zählen der Organisationskontext (Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Krankenhäuser, Industrielabore), der Kreativitätstyp (Theorien, empirische Entdeckungen, Methoden usw.) und die geographische Lage (Ost- und Westküste in den USA, kleine und große Länder in Europa). Zehn Fallstudien wurden jeweils in den Vereinigten Staaten und Europa durchgeführt, fünfzehn davon im Feld Nanowissenschaft, fünf in der Humangenetik. Eine Fallstudie beinhaltet die Beschreibung der kreativen Forschungsleistung, eine Analyse zu Publikationen, Arbeitsgebieten, Organisationskontext sowie internen und externen Kooperationspartnern der Forschergruppe, persönliche Interviews mit dem Gruppenleiter, Gruppenmitgliedern und Kollegen anhand eines umfangreichen Fragebogens. Jeder Fall wurde mit einem strukturierten Protokoll dokumentiert.

Die zwanzig Fälle lassen sich wie folgt charakterisieren (Heinze et al. 2009: 616 ff.). *Erstens* überwiegen bei den Kreativitätskategorien empirische Entdeckungen und methodische Neuerungen. In der Mehrzahl der Fälle haben wir es mit experimentell arbeitenden Laborgruppen zu tun. *Zweitens* wurden sieben Fälle einer Kreativitätskategorie zugeordnet, dreizehn Fälle dagegen mehreren Kategorien. Beispielsweise lässt sich die Entdeckung von Oberflächenplasmonen auf künstlich strukturierten Metalloberflächen als neuer empirischer Befund klassifizieren. Demgegenüber beruht die Herstellung des ersten Nanoröhrentransistors bei Raumtemperatur sowohl auf neuen empirischen Beobachtungen als auch einer methodischen Neuerung. *Drittens* haben vierzehn Forschergruppen mehr als eine kreative Leistung hervorgebracht. Diese Forschungsleistungen bauen entweder aufeinander auf und repräsentieren eine Wissenskaskade. Oder sie kommen dadurch zustande, dass die Gruppenleiter das Forschungsfeld gewechselt haben. *Viertens* gehen dem Forschungsdurchbruch in allen Gruppen mehrjährige Vorbereitungsphasen voraus. Wenn es sich dabei um eine frühes Karrierestadium des Gruppenleiters handelt, dauern diese Phasen im Durchschnitt fünf Jahre (Std.-Abw.: 2 Jahre), in einem späteren Karrierestadium dagegen neun Jahre (Std.-Abw.: 5 Jahre). *Fünftens* arbeiteten die Gruppenleiter in elf Fällen an Universitäten, in fünf Fällen in

außeruniversitären Einrichtungen und in vier Fällen in Grundlagenlabors großer Industrieunternehmen (Heinze et al. 2009: Tab. 3, S. 615).

Insgesamt wurden sechs Variablenausprägungen auf der Gruppen- und Organisationsebene identifiziert, die einen Einfluss auf kreative Forschungsleistungen haben (Heinze et al. 2009: 616 ff.). *Erstens* ein Arbeitskontext mit langfristigen Forschungszielen, in dem die Gruppenmitglieder die Autonomie haben, eine von ihnen selbst gewählte Fragestellung innerhalb des Zielrahmens zu bearbeiten. Die langfristig orientierten Forschungsziele sind ein Relevanzhorizont, der die Entfaltung signifikanter Forschungsfragen strukturiert und auf diese Weise intellektuelle Orientierung verschafft. *Zweitens* kleine Gruppen. Die untersuchten Fälle belegen, dass kreative Forschung in kleinen Gruppen durchgeführt wird. Solche Gruppen bestehen anfänglich zumeist aus dem Gruppenleiter und einem Doktorand, und sie wachsen typischerweise nicht über die Schwelle von sechs bis acht Wissenschaftlern hinaus. Damit bleiben die Gruppenleiter aktiv in den Forschungsprozess eingebunden und können aufgrund ihrer Erfahrung der Gruppe wichtige inhaltliche Anstöße geben. Gleichzeitig wird die Herausbildung hierarchischer Strukturen verhindert, wodurch die Gruppe flexibler auf Entwicklungen im wissenschaftlichen Umfeld reagieren kann. *Drittens* effektive Gruppenleitung. Die von uns untersuchten Gruppenleiter rekrutieren mit großer Sorgfalt neue Mitglieder in die Gruppe, greifen zügig neue Themen und Fragestellungen auf und helfen dem wissenschaftlichen Nachwuchs beim Aufbau einer eigenen Forschungsagenda. In der Mehrzahl der Fälle sind es zudem die Gruppenleiter, die den Forschungshorizont formulieren.

Viertens eine Organisation, die das vorhält, was man eine komplementäre intellektuelle Vielfalt nennen könnte. Die untersuchten Fälle dokumentieren, wie wichtig es für spezialisierte Wissenschaftler sein kann, Anregungen von räumlich benachbarten Gruppen zu erhalten, die an anderen Themen arbeiten, um Wissensfortschritte zu erzielen. Besonders effektiv sind diesbezüglich die Industrielabore mit ihrer relativ eng fokussierten Bandbreite sich einander ergänzender Forschungskompetenzen. Wichtig sind neben einer guten intellektuellen und materiellen Infrastruktur aber auch räumliche und soziale Arrangements für spontane multidisziplinäre Kontakte, aus denen unerwartete Anregungen hervorgehen (Serendipität). *Fünftens* flexible Forschungsfinanzierung. In einigen der von uns untersuchten Gruppen konnten die zum Durchbruch führenden Projekte nicht problemlos anfinanziert werden. Hier bedurfte es das Geschicks des Gruppenleiters, intern oder extern Ressourcen zu mobilisieren, beispielsweise um Reisen zu finanzieren, um Doktoranden Aufenthalte in Laboren räumlich entfernter Gruppen zu ermöglichen oder auch um Ideen bis zu einer gewissen Reife zu bringen. Zu solchen flexibel verwendbaren Finanzmitteln zählen beispielsweise interne

Grundfinanzierung, Stipendien sowie Programme zur Förderung unkonventioneller und risikoreicher Forschung. *Sechstens* Zugang zur Expertise externer Gruppen. Theoriegruppen benötigen zur Weiterentwicklung ihrer Modelle und Simulationen gelegentlich experimentelle Anwendungsfälle und Daten. Experimentelle Gruppen sind dagegen häufig auf Materialproben anderer Gruppen angewiesen. Schließlich kommt es vor, dass experimentelle Ergebnisse nur unter Mithilfe erfahrener Theoretiker interpretiert werden können. Die Fallstudien belegen, dass sich die Kontakte zu externen Gruppen schwerpunktmäßig auf die für die Gruppe zentralen Forschungsfragen beziehen, während Kontakte zu Gruppen innerhalb der eigenen Forschungsorganisation eher multidisziplinäre Anregungen vermitteln (Serendipität).

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die sechs Variablenausprägungen im Verbund die Wahrscheinlichkeit für kreative Forschungsleistungen erhöhen. Beispielsweise treten der zweite und vierte Faktor oft zusammen auf. Auch der erste und dritte Faktor bilden häufig eine Allianz. Wir gehen allerdings nicht soweit wie Hollingsworth, der zwischen A-Laboren und B-Laboren unterscheidet und behauptet, nur in den A-Laboren seien alle Merkmale innovationsfördernd ausgeprägt (Hollingsworth 2006). Die von uns untersuchten Fälle lassen sich nur schwer in dieses binäre Schema einpassen. Auffällig ist allerdings, dass in den vier von uns untersuchten Grundlagenlabors der Industrie die sechs Variablen ausgeprägter waren als im Falle der Universitäten. Dieses Ergebnis ergänzt Hollingsworths Befund, dass es offenbar in privat finanzierten Forschungsorganisationen besonders gelingt, die Kreativität fördernden Faktoren effektiv zu institutionalisieren. Bei Hollingsworth steht das Rockefeller Institute als Beispiel dafür (Hollingsworth 2004).

Die sechs Faktoren der Gruppen- und Organisationsebene variieren in gewissen Grenzen mit Ausprägungen ihrer institutionellen Umwelt. Hollingsworth (2006) unterscheidet diesbezüglich zwischen schwachen (= nicht-restriktiven) und starken (= restriktiven) Umwelten. Ihm zufolge werden in starken, das heißt restriktiven institutionellen Umwelten die für kognitive Innovationen typischen Variablenausprägungen auf der Organisations- und Gruppenebene nicht realisiert. Nur in schwachen Umwelten könnten die Gruppen- und Organisationsmerkmale variieren und folglich innovationsfreundliche Ausprägungen annehmen. Diese Argumentation ist nur auf den ersten Blick schlüssig, denn die institutionelle Umwelt bleibt bei Hollingsworth empirisch völlig unterbestimmt. Während er die Organisations- und Gruppenebene mit zahlreichen Variablen operationalisiert, schweigt er zu den konkreten Dimensionen der institutionellen Umwelt. Im Gegensatz dazu wird in unserer Fallstudienanalyse die institutionelle Umwelt durch die Faktoren: berufliche Mobilität, Reputations-

wettbewerb und Drittmittelfinanzierung operationalisiert. Abschließend daher noch einige Anmerkungen zum Einfluss dieser drei Faktoren.

Zunächst lässt sich bei der Drittmittelfinanzierung ein ausgeprägter Effekt auf den zweiten und fünften Faktor der Gruppen- und Organisationsebene feststellen. Beispielsweise wuchsen einige Gruppen infolge ihres wissenschaftlichen Erfolges beträchtlich. Reputation fungiert somit als Ressourcengenerator auf dem Drittmittelmarkt. Damit geht Gruppenwachstum einher, aber auch eine stärkere Hierarchisierung und eine abnehmende Integration des Gruppenleiters in den Forschungsprozess. Allerdings wachsen auch die überschüssigen und flexibel einsetzbaren Ressourcen (slack). Weiterhin schränkt der Reputationswettbewerb teilweise den freien Zugang zur Expertise externer Gruppen ein. Einige der Gruppen befanden sich in Prioritätswettläufen und konnten mit ihren Kooperationspartnern nicht offen über ihre Arbeitsergebnisse sprechen. Solche Wettläufe um Priorität sind aber in Wachstumsfeldern weniger stark ausgeprägt als in etablierten intellektuellen Feldern. So arbeitet ein beachtlicher Anteil der Nanowissenschaftler in sehr jungen Teilgebieten, in denen es keine ausgeprägte Konkurrenz gibt.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis besteht darin, dass die drei institutionellen Faktoren nicht in einem durchweg kumulativen, sondern auch substitutiven Verhältnis zueinander stehen. So ist es mit herkömmlicher Drittmittelfinanzierung praktisch nicht möglich, das Forschungsfeld zu wechseln. Durch den Peer Review werden Vorhaben, die keine substanziellen Vorarbeiten vorweisen können, in der Regel aussortiert. Auch in Forschungseinrichtungen existieren zahlreiche Entmutigungsschwellen (z.B. Institutsstrukturen, Arbeitsverträge), die einen Feldwechsel verhindern. Einige der untersuchten Gruppenleiter, die im Laufe ihrer Karriere in ein neues Forschungsfeld wählten, mussten daher auch ihren Arbeitsort wechseln. Sie wechselten hierfür in Einrichtungen, in denen sie flexiblere Forschungsbedingungen vorfanden oder in denen Ihnen die Möglichkeit gegeben wurde, ein neues Feld zu bearbeiten. Berufliche Mobilität als Mechanismus zur intellektuellen Erneuerung ist somit dann von Bedeutung, wenn die Forschungsfinanzierung (einschließlich Drittmittel) diese Erneuerung nicht zulässt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass auf Basis der zwanzig Fallstudien eine Reihe verallgemeinerbarer Gruppen- und Organisationsmerkmale identifiziert werden, die die Fähigkeit von Forschergruppen zu anschlussfähigen Neuerungen beeinflussen. Dies sind ein Arbeitskontext mit langfristigen Forschungszielen und individueller Autonomie, kleine Gruppen, effektive Gruppenleitung, komplementäre intellektuelle Vielfalt innerhalb der Organisation, flexible Finanzierung und Zugang zur Expertise organisationsexterner Gruppen. Diese Faktoren erhöhen im Verbund die Wahrscheinlichkeit für kognitive Innovationen. Sie

variieren auch in gewissen Grenzen mit Ausprägungen ihrer institutionellen Umwelt, insbesondere mit Drittmittelfinanzierung und Reputationswettbewerb.

3.4 Kreative Forschungskapazitäten auf der Makroebene des Wissenschaftssystems

Die bisherigen Untersuchungen zum Einfluss institutioneller Faktoren auf wissenschaftliche Leistungsfähigkeit sind häufig auf der Ebene einzelner Organisationen angesiedelt. Diese Analyseebene erfasst allerdings nicht das ganze Spektrum aller herausragenden wissenschaftlichen Leistungen in einem Forschungsfeld. Auch die kombinierte Survey-Preisträger-Methode identifiziert eine Stichprobe (N=51), die bei weitem nicht alle kreativen Wissenschaftler und Forschergruppen im internationalen Feld Nanowissenschaft erfasst. Die Bestimmung dieser Population ist jedoch von großem Interesse, wenn es um die Analyse von Forschungskapazitäten auf der Makroebene des Wissenschaftssystems geht. Ausgehend vom Broker-Index und vom Multidisziplinaritäts-Index wird daher in dem Aufsatz von Heinze/Bauer (2009) in einer 2007 zugänglich gemachten digitalen Bibliothek für das Feld Nanowissenschaft (NanoBank, vgl. Zucker/Darby 2007) eine solche Population (sowie eine Vergleichspopulation) von kreativen Wissenschaftlern bestimmt. Zwar ermitteln wir nicht direkt kreative Forschungsleistungen. Allerdings erfassen die beiden Indizes zwei zentrale institutionelle Faktoren, die mit der Fähigkeit zu herausragenden wissenschaftlichen Leistungen korreliert sind. Es kann daher erwartet werden, dass die Population überdurchschnittlich viele zu kreativen Forschungsleistungen befähigte Akteure enthält. Es geht in dem Beitrag von Heinze/Bauer (2009) um die Bestimmung einer ansonsten nur schwer beobachtbaren abhängigen Variable mithilfe eines bibliometrischen Verfahrens.

Die Identifikation erfolgt stufenweise. Beginnend mit allen Beobachtungen in NanoBank der Jahre 1990–2004 (N=723,330) werden analog zu Heinze/Bauer (2007) Autoren mit mindestens zwei Publikationen in wenigstens drei der folgenden Perioden ermittelt: 1990–1992, 1993–1995, 1996–1998, 1999–2001 und 2002–2004 (N=134,243). Nach Berechnung der beiden Indizes (Brokerindex und Multidisziplinaritätsindex) für jeden Wissenschaftler in jeder Zeitperiode wird die Population P1 aus der Kombination der jeweils obersten Quartile gebildet (N=14,851), die Vergleichspopulation P2 dagegen aus der Verknüpfung der jeweils untersten Quartile auf beiden Maßen (N=18,408). Die Anzahl der Beobachtungen N enthält dabei dieselben Personen in bis zu fünf Perioden. Daher ist die Anzahl der Wissenschaftler in P1 mit 3,564 und in P2 mit 5,393 jeweils geringer als die Zahl der Beobachtungen.

Zur Validierung von P1 werden zunächst Inhaltsanalysen mehrerer tausend Publikationstitel durchgeführt. Die Auswertung der einhundert am häufigsten verwendeten Titelschlagworte in

diesen Publikationen zeigt erhebliche Unterschiede zwischen beiden Populationen. Die von P1-Wissenschaftlern verwendeten Schlagworte tauchen in den von P2-Wissenschaftlern publizierten Arbeiten wesentlich seltener auf. Zu Schlagworten zählen 1990-1992: optical, growth, polymer, device, atomic, molecular, observation, electronic, monolayer, transport, epitaxy, substrate, spectroscopy, DNA, cell; und 2002-2004: synthesis, carbon, nanotube, nanoparticle, preparation, nanowire, cell, fabrication, oxide, growth, silica, property, substrate, characterization, nanocomposition, self-assembling, monolayer und behavior. Diese Schlagworte gehören zum Standardvokabular der Nanowissenschaft (Nalwa 2004). Weiterhin sind die P2-Schlagwortlisten weit weniger dynamisch als die von P1. Während an den eben genannten P1-Schlagwortlisten eine erhebliche Entwicklung zwischen 1990-1992 und 2002-2004 ablesbar ist, greifen P2-Forscher weniger häufig neue Konzepte und Themen in ihren Arbeiten auf. Zudem lassen sich P1-Wortkombinationen eindeutiger interpretieren und einschlägigen Themen und Teilgebieten des Feldes Nanowissenschaft zuordnen. Solche Kombinationen sind 1990–1992: electronic state, material alloy, cell behavior, molecules application, molecular epitaxy, quantum structure, chemical vapor, polymer property, and scanning tunneling microscope; und 2002–2004: induced transfer, cell reaction, application fabrication, preparation method, semiconductor device, electron interaction, surface substrate, self-assembling monolayer, dynamic simulation, carbon nanotube, solid state, thin film, atomic force microscope, and molecular beam epitaxy. Insgesamt bestätigt die inhaltsanalytische Untersuchung beider Populationen die Validität der Operationalisierung.

P1 und P2 werden nun hinsichtlich mehrerer institutioneller Variablen im Längsschnitt miteinander verglichen: u.a. Patenterteilungen, Patenzitate, Drittmittelfinanzierung, berufliche Mobilität, Organisationstyp sowie Nationalität. *Patentindikatoren* sind für die Nanowissenschaft von Bedeutung, weil dieses Feld erhebliche Anwendungspotenziale aufweist. Forschungs- und Erfindungstätigkeit stehen in einem engen Verhältnis (Meyer 2001, Hullmann/Meyer 2003). *Drittmittelfinanzierung* hat im Zuge des weiter oben erwähnten institutionellen Wandels an Bedeutung gewonnen. Allerdings sollten nach den Ergebnissen von Laudel (2006) P1-Wissenschaftler keine auffällig hohe Drittmittelfinanzierung aufweisen. *Internationale Mobilität* ist eine wichtige Variable, weil internationale akademische Karrieren gemeinhin als Domäne von Spitzenwissenschaftlern gelten (z.B. Musselin 2004, Stephan/Levin 2001). Die Variable *Organisationstyp* gibt Aufschluss über die Wirkungen des institutionellen Wandels auf die Leistungsfähigkeit der akademischen und industriellen Forschung.

Die Ergebnisse sind wie folgt. *Erstens* werden P1-Wissenschaftler im Vergleich zu P2 im Beobachtungszeitraum 1990-2004 wesentlich mehr Patente erteilt, die nachfolgend auch deutlich häufiger zitiert werden. Die hohen Zitatquoten bedeuten zum einen, dass P1-Patente (öfter als P2-Patente) Stand der Technik sind und in dieser Eigenschaft als Referenzen herangezogen werden. Zum anderen spiegeln P1-Patente höhere wirtschaftliche Verwertungserwartungen wider. *Zweitens* ist ein ausgeprägter Matthäus-Effekt bei der Forschungsfinanzierung durch Drittmittel nachweisbar. Zum einen erhalten P1-Forscher - auch außerhalb der USA - signifikant mehr Forschungsgelder der NSF bzw. der NIH als ihre P2-Kollegen. Zum anderen verbessern die P1-Forscher ihren Anteil im Beobachtungszeitraum. Während das Verhältnis zwischen P1 und P2 1990-1992 noch 2:1 (NIH) und 3:1 (NSF) beträgt, vergrößert sich die Kluft zwischen beiden Populationen bis 2002-2004 auf 5:1 (NIH und NSF). Dieses Ergebnis steht im Kontrast zu den Befunden von Laudel (2006), dass Drittmittelfinanzierung kreative Forschungsansätze aussortiert. Allerdings bezieht sich die Autorin auf Australien und Deutschland, während in der von einer Vielfalt von Drittmittelgebern geprägten Forschungslandschaft der Vereinigten Staaten diese Finanzierungsform möglicherweise keine institutionelle Hürde für herausragende wissenschaftliche Leistungen darstellt.

Drittens lässt sich eine institutionelle Transformation der Forschung beobachten (Heinze/Bauer 2009: Tab. 5). Während Unternehmen 1990-1992 noch doppelt so häufig in P1 (15.4%) repräsentiert waren als in P2 (7.7%), ist ihr P1-Anteil bis 2002-2004 massiv zurückgegangen (4,8%). Der Rückzug von Firmen aus der P1-Population deutet zum einen auf die Schließung bzw. die Verkleinerung industrieller Grundlagenlabors sowie eine Abwanderung von Industrieforschern an die Universitäten und in die staatlich finanzierten außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Zum anderen bedeutet sie eine Verschiebung hin zu produktorientierten Entwicklungstätigkeiten in den Industrielabors. Auf der Länderebene war der Rückzug aus der industriellen Grundlagenforschung in P1 besonders ausgeprägt in Japan (von 29.5% auf 10.0%), gefolgt von den Vereinigten Staaten (von 14.6% auf 7.7%) und Deutschland (von 5.5% auf 2.3%). Insgesamt bestätigen diese Befunde Erkenntnisse aus Heinze et al. (2009), dass aufgrund veränderter Unternehmensstrategien zahlreiche renommierte Industrielabors heute entweder nicht mehr existieren oder jenen Arbeitskontext, der sie einst zu einem attraktiven Ort für explorative Forschung machte, nicht mehr bieten.

Viertens ist die internationale Landschaft der Forschungskapazitäten in Bewegung geraten. Stammten in 1990-1992 noch 70 Prozent der P1-Wissenschaftler aus Japan, den Vereinigten Staaten und Deutschland, so verloren Japan und die Vereinigten Staaten bis 2002-2004 jeweils ein Viertel ihres Anteils, während China, das seinen Anteil zwischen 1990 und 2004

versechsfache, Deutschland von Platz 3 verdrängte (Heinze/Bauer 2009: Tab. 2). Dieses Ergebnis bestätigt neuere Studien, die Chinas als neues Zentrum in der nanowissenschaftlichen Forschung sehen (z.B. Appelbaum/Parker 2008). In Anlehnung an die Studie Ben-Davids (1971) zum Aufstieg und Niedergang führender Wissenschaftsnationen deutet sich hier möglicherweise bereits das Ende der jahrzehntelangen Hegemonie der Vereinigten Staaten an.

Die Verschiebungen in der internationalen Forschungslandschaft lassen sich *fünftens* auch bei der internationalen Mobilität nachweisen. Neben dauerhaften beruflichen Positionsveränderungen zählen hierzu auch temporäre Wechsel, beispielsweise im Rahmen von Forschungsaufenthalten. P1-Wissenschaftler wechselten signifikant häufiger als ihre P2-Kollegen. Zwischen 1990–1992 und 1993–1995 sind es bei P1 13 Prozent im Vergleich zu 3 Prozent bei P2. Zwischen 1999–2001 und 2002–2004 sind es bei P1 schon 26 Prozent im Vergleich zu 18 Prozent bei P2. P1-Wissenschaftler verfügen somit über besseren Zugang zu aktuellem und grenzüberschreitend geteiltem Wissen und sind daher auch besser imstande ihre eigenen Arbeiten international zu platzieren. Innerhalb P1 war Japan Anfang der 1990er Jahre attraktiv, insbesondere für Wissenschaftler aus den Vereinigten Staaten und Deutschland. Demgegenüber verliert Russland im gleichen Zeitraum zahlreiche herausragende Wissenschaftler an Deutschland, die Vereinigten Staaten und Frankreich. Zwischen 1999–2001 und 2002–2004 verlieren Japan und die Vereinigten Staaten eine große Zahl von P1-Wissenschaftlern an Drittstaaten, insbesondere an China.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich eine internationale Population kreativer Wissenschaftler mit dem Broker-Index und dem Multidisziplinaritäts-Index identifizieren lässt. Für P1 wird ein ausgeprägter Matthäus-Effekt der Drittmittelfinanzierung nachgewiesen. Weiterhin nimmt die Repräsentation von Unternehmen in P1 kontinuierlich ab, was auf einen Rückzug der Industrie aus der Grundlagenforschung hindeutet. Zudem kommt die internationale Forschungslandschaft in Bewegung, weil in China P1-Kapazitäten aufgebaut werden, während die Anteile Japans, der Vereinigten Staaten und Deutschlands schrumpfen. Die insgesamt stark gestiegene berufliche Mobilität korrespondiert den internationalen Veränderungen, wobei China zum weltweiten Importeur von P1-Wissenschaftlern geworden ist, während gleichzeitig die Attraktivität der Vereinigten Staaten und Japan in dieser Population abgenommen hat. Dies deutet auf den Bedeutungsverlust der Vereinigten Staaten als führende Wissenschaftsnation hin.

3.5 Die Rolle von Forschungsförderorganisationen bei der Identifikation und Förderung origineller und risikoreicher Forschungsvorhaben

Ausgehend von den Befunden zu Gruppen- und Organisationsmerkmalen (Kap. 3.3) und den einschlägigen Studien zur Drittmittelfinanzierung (Kap. 2) stellt sich die Frage, inwiefern es speziellen Förderprogrammen für risikoreiche Forschung gelingt, originelle und unkonventionelle Vorhaben zu fördern. Ebenso muss geklärt werden, wie sich diese Förderprogramme von herkömmlichen Drittmittelformaten unterscheiden (Heinze 2008b).

Die Datengrundlage der Analyse ist wie folgt. Die vier im Zuge der Fallstudien (Kap. 3.3) identifizierten Förderprogramme sind die *21st Century Science Initiative* (James S. McDonnell Foundation, USA), das *Investigator Program-HIP* (Howard Hughes Medical Institute, USA), der *European Young Investigator Award-EURYI* (European Science Foundation, Europäische Union), und der *Förderpreis für junge Hochschullehrer-KFP* (Alfried Krupp von Bohlen und Halbach Foundation, Deutschland). Zusätzlich wurde das *Starting Independent Researcher Grant Scheme-IRG* (European Research Council, Europäische Union) als Nachfolger des EURYI in die Analyse mit aufgenommen. Die zweite Datenquelle ist eine in Europa und den Vereinigten Staaten 2006 durchgeführte schriftliche Befragung von Förderorganisationen (Heinze 2008b). In diesem Survey gaben insgesamt mehr als 40 Forschungsförderer an, über Programme zur Finanzierung von besonders originellen und riskoreichen Projekten zu verfügen. Mithilfe einer Dokumentenanalyse und Interviews wurde jedoch die Mehrzahl der Programme wieder entfernt, weil es sich um gewöhnliche Drittmittelformate handelte. Insgesamt wurden nur vier weitere Programme für die vertiefende Analyse ausgewählt: *Showcase Award-WCA* (Wellcome Trust, Vereinigtes Königreich), *Ideas Factory-IDF* (Engineering and Physical Science Research Council, Vereinigtes Königreich), *Off the Beaten Track-VOBT* (Volkswagen-Stiftung, Deutschland) und *Focal Initiatives in Research in Science & Technology-FIRST* (Israel Science Foundation, Israel).

Die von einschlägigen Untersuchungen zur Qualität der Begutachtungsprozesse und zu organisationalen Einflussfaktoren auf die Begutachtungsergebnisse herangezogenen Kriterien wurden auch für die hier untersuchten Initiativen verwendet. Zu ihnen zählen Dauer und Höhe der Förderung, Zielgruppe, Forschungsfelder, Selektionskriterien und Verfahrensablauf (Bourke/Butler 1999, Grant/Allen 1999, Laudel 2006, Melin/Danell 2006). Weitere Kriterien sind das zur Verfügung stehende Budget, der Anteil dieses Budgets am Gesamtbudget einer Förderorganisation, die Existenz weiterer Programme innerhalb der Förderorganisation sowie die institutionelle Trägerschaft. Diese Variablen wurden im Rahmen des erwähnten Surveys

erhoben und durch Dokumentenanalyse sowie neun Interviews mit Repräsentanten der Fördereinrichtungen bzw. Geförderten vervollständigt (Heinze 2008b: Tab. 1, S. 309).

Die Ergebnisse des Aufsatzes lassen sich in vier Punkten zusammenfassen. *Erstens* zeigt sich, dass einige der untersuchten Programme tatsächlich spezifische Schwachstellen in nationalen Forschungssystemen hinsichtlich der Durchführbarkeit unkonventioneller und risikoreicher Projekte angehen. Beispielsweise stellt das Hughes-Investigator-Programm (HIP) eine für amerikanische Verhältnisse vollumfängliche und langjährige Grundfinanzierung für Forschergruppen in der Biomedizin zur Verfügung. Typischerweise finanzieren amerikanische Professoren ihre Tätigkeit über mehrere Drittmittelprojekte mit Laufzeiten zwischen zwei und drei Jahren. HIP finanziert dagegen die gesamte Forschergruppe einschließlich technischem Personal und Geräten über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren, wobei nach einer erfolgreichen Begutachtung die Förderung um weitere fünf bis zehn Jahre verlängert werden kann. Ihrem eigenen Selbstverständnis nach fördert HIP keine Projekte, sondern herausragende Wissenschaftler, denen ein Höchstmaß an Autonomie gewährt wird. In den Kategorien des deutschen Forschungssystems lässt sich HIP am ehesten mit Max-Planck-Instituten vergleichen, allerdings mit drei Einschränkungen. *Erstens* ist die HIP-Finanzierung zeitlich befristet und kann einer Forschergruppe wieder entzogen werden. *Zweitens* sind die HIP-Gruppen typischerweise deutlich kleiner als die Gruppen von MPG-Direktoren. *Drittens* sind die von HIP geförderten Gruppen in die Universitäten integriert und nicht institutionell separiert wie die Institute der MPG.

Zweitens lassen sich zwei Programmklassen identifizieren. Fünf der neun Programme (HIP, KFP, MSI, EURYI und IRG) sind eine Einzelförderung für herausragende Wissenschaftler. Die vier übrigen Programme (WCA, VOBT, IDF und FIRST) fördern dagegen unkonventionelle und risikoreiche Projektideen (Heinze 2008b: Tab. 1, S. 309). Für Programme der ersten Kategorie sind herausragende Individuen von zentraler Bedeutung. Demgegenüber fördern Programme in der zweiten Kategorie Projektideen, die entweder aufgrund ihres multidisziplinären Charakters vom Peer Review aussortiert würden oder die sich noch in einem frühen Stadium befinden und daher zunächst eine Anschubfinanzierung benötigen. Gemäß der jeweils verschiedenen Herangehensweise unterscheiden sich die beiden Programmklassen sehr deutlich in den von uns untersuchten Dimensionen. Beispielsweise sind die Förderlaufzeiten in der ersten Kategorie etwa doppelt so lang und auch die Förderbudgets deutlich höher als in der zweiten Kategorie (Heinze 2008b: Tab. 2, S. 311). Zugleich werden Wissenschaftler von der ersten Programmklasse nicht aufgrund besonders risikoreicher oder

multidisziplinärer Projekte ausgewählt, während dies in der zweiten Programmklasse zwei zentrale Auswahlkriterien sind.

Ein *drittes Ergebnis* besteht darin, dass mehrere der untersuchten Programme (und zwar in beiden Programmklassen) jene institutionellen Schwachstellen aufweisen, die gerade für die konventionelle Drittmittelförderung typisch sind. Beispielsweise existieren a priori festgelegte Budgetkennziffern bei KFP und EURYI, die nicht am tatsächlichen Pool förderwürdiger Bewerber ausgerichtet sind. Im Fall der Krupp-Stiftung wird jedes Jahr eine Professur in Deutschland materiell unterstützt, im Fall des Europäischen Preises für Nachwuchswissenschaftler EURYI war die Förderung auf 25 Personen begrenzt. Bei EURYI hatte die extrem niedrige Förderquote von 3,2 Prozent im ersten Jahr der Förderung eine erhebliche Abschreckungswirkung, so dass im Folgejahre merklich weniger Anträge eingereicht wurden (Langfeldt/Brofoss 2005). Weiterhin bezieht keine der untersuchten Förderprogramme die laufenden Forschungsprojekte der Antragsteller ein. Angesichts der mit steigender Gruppengröße sinkenden Produktivität und Kreativität ist es daher möglich, dass die zusätzlichen Mittel, vor allem in der zweiten Programmklasse, zu weiterem Gruppenwachstum führen ohne dass damit sichergestellt ist, dass die Ziele des Förderprogramms erreicht werden. Schließlich wenden bis auf ein Programm (IDF) den hergebrachten Peer Review an, entweder in Form von Kommissionen oder externen Gutachtern. Zwar sind sich die Repräsentanten der von uns interviewten Fördereinrichtungen der zahlreichen Probleme des Peer Review bewusst. Dennoch tendieren sie dazu, besonders in der zweiten Programmklasse, bei weit auseinander liegenden Bewertungen ein Vorhaben nicht zu fördern. Kontroverse Einschätzungen werden dagegen nicht als ein Indiz für die Förderwürdigkeit gewertet. Auch bei der Förderung multidisziplinärer Vorhaben werden zumeist mehr Gutachten als bei disziplinären Projekten eingeholt, was die Anzahl konträrer Gutachtern beim EURYI-Programm so stark erhöhte, dass multidisziplinäre Anträge weit weniger häufig gefördert wurden als disziplinäre Vorhaben (Langfeldt/Brofoss 2005).

Viertens sind kleine Budgets, vor allem in der zweiten Programmklasse, Indiz für die geringe Wirksamkeit dieser Initiativen (Heinze 2008b: Tab. 2, S. 311). In mehreren Fällen liegen diese Budgets bei weniger als einem Prozent des Gesamtbudgets einer Förderorganisation (z.B. IDF: 0,36%; WCA: 0,62%), bei Initiativen in der ersten Programmklasse dagegen deutlich höher (z.B. MSI: 38%; HIP: 67%). Geringe Anteile am Gesamtbudget sind jedoch nicht per se ein Kennzeichen geringer Effektivität, sondern vielmehr vor dem Hintergrund der Beobachtung, dass diese Initiativen trotz ihres geringen Volumens ein erheblicher Störfaktor für die herkömmlichen Förderlinien innerhalb der Förderorganisation sind, die sich fortan mit

der Etikettierung „nicht-originell“ oder „safe science“ konfrontiert sehen. Daher wird die „störende“ Förderlinie nach unseren Erkenntnissen entweder dadurch intern legitimiert, dass sie in das gleiche bürokratische Korsett gezwungen wird wie die hergebrachten Förderlinien (z.B. VOBT, EURYI). Oder sie läuft Gefahr, bei der erstbesten Gelegenheit aus dem Förderportfolio wieder entfernt zu werden (z.B. WCA). Diese Probleme lassen sich bei Initiativen wie MSI oder HIP nicht nachweisen. Unsere Beobachtungen stützen daher die These, dass die Förderung unkonventioneller und risikoreicher Forschung mehr erfordert als dass eine Förderorganisation nur eine entsprechende Förderlinie in ihr Portfolio aufnimmt. Zwar ist dieses Vorgehen aus der Perspektive der Förderorganisationen eine rationale Strategie, weil sie auf diese Weise ihre Legitimität in ihrer Organisationsumwelt erhöhen können. Von ihrer Wirksamkeit her gesehen vielversprechender erscheinen aber Ansätze, bei denen sich die Fördereinrichtungen schwerpunktmäßig auf die Förderung langfristiger und origineller Forschung konzentrieren (z.B. HIP, MSI, IRG).

Insgesamt lässt sich das Resümee ziehen, dass Forschungsförderorganisationen bei der Identifikation und Förderung von originellen und risikoreichen Forschungsvorhaben nur unter bestimmten Umständen eine wichtige Rolle spielen. Die Analyse von neun Förderprogrammen belegt zunächst, dass sich zwei Förderphilosophien unterscheiden lassen. Die eine stellt stärker auf die Förderung von Wissenschaftler ab, die andere stärker auf einzelne Projektideen. Die Personenförderung ist im Gegensatz zur Projektförderung durch längere Förderdauer, höhere Fördervolumina und eine stärkere Betonung des wissenschaftlichen Werdegangs gekennzeichnet. Überraschend ist, dass die untersuchten Programme bis auf eine Ausnahme den traditionellen Auswahlmechanismen des Peer Review verhaftet bleiben. Das schränkt ihr Potenzial zur Identifikation und Förderung innovativer Vorhaben beträchtlich ein. Weiterhin stützen unsere Analysen die These, dass vielversprechende Ansätze bei jenen Fördereinrichtungen zu finden sind, die sich schwerpunktmäßig auf die Förderung langfristiger und origineller Forschung konzentrieren. Die Förderung origineller und unkonventioneller erfordert mehr als dass eine Förderorganisation lediglich eine entsprechende neue Förderlinie in ihr Portfolio aufnimmt.

3.6 Heterogene Kooperationen im außeruniversitären Forschungssektor Deutschlands. Förderne und hindernde institutionelle Faktoren.

Zwei Beiträge der kumulativen Habilitationsschrift widmen sich dem außeruniversitären, staatlich finanzierten Forschungssektor in Deutschland und seinem institutionellen Wandel (Heinze/Arnold 2008, Heinze/Kuhlmann 2008). Der außeruniversitäre Sektor ist in vier große Forschungseinrichtungen differenziert: die Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die Fraunhofer-

Gesellschaft (FhG), die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) und die Leibniz-Gemeinschaft (WGL). Diese verfügen über etwa ein Viertel des an den Hochschulen beschäftigten FuE-Personals, disponieren aber über etwa sechzig Prozent der universitären FuE-Ressourcen. Im Verhältnis zum FuE-Personal verfügt der außeruniversitäre Forschungssektor daher über mehr als doppelt so viele FuE-Ressourcen pro Wissenschaftler wie die Universitäten. Die vier großen außeruniversitären Einrichtungen steuern etwa ein Fünftel zur Gesamtmenge aller vom staatlich finanzierten Forschungssektor produzierten wissenschaftlichen Publikationen und ein Viertel zu den Patentanmeldungen bei, die Universitäten dagegen jeweils mehr als zwei Drittel. Setzt man Publikationen und Patentanmeldungen zum FuE-Personal ins Verhältnis, treten organisationstypische Profile zutage (Heinze/Arnold 2008: Abb. 1, S. 695).

Gemessen an ihren Ressourcen bringt die MPG die meisten Publikationen hervor, während die Universitäten erst mit deutlichem Abstand folgen und die Lücke zu den anderen drei außeruniversitären Forschungsorganisationen sogar noch größer ist. Bei den Patentanmeldungen führt die FhG deutlich vor den Universitäten und der HGF, vor allem aber vor der MPG. Bei HGF und WGL ist demgegenüber keine vergleichbar klare Positionierung zu erkennen. Auch die Heterogenität im Hochschulbereich ist relativ groß, so dass die Universitäten zwischen MPG und FhG stehen. Das Gesamtgefüge dieser organisationspezifischen Positionen ist im Ganzen stabil. Die Vor- und Rückwärtsbewegungen haben die Abstände zwischen den Positionen seit 1990 nicht grundlegend verändert.

Der erste Beitrag befasst sich mit der Frage, welche institutionellen Faktoren heterogene Kooperationen befördern bzw. behindern (Heinze/Kuhlmann 2008). Diese Frage ist für den außeruniversitären Forschungssektor besonders relevant, weil er aufgrund seiner Aufteilung in die Domänen Grundlagenforschung (MPG), angewandte Auftragsforschung (FhG) und Großforschung (HGF) traditionell als versäult und segmentiert gilt (Hohn/Schimank 1990, Brook 1999). Die institutionelle Versäulung stellt vor allem für jene intellektuellen Felder eine Herausforderung dar, deren Dynamik vom Zusammenspiel zwischen verschiedenen Disziplinen sowie zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung abhängt. Ein solches intellektuelles Feld ist die multidisziplinäre Nanowissenschaft. Trotz dieser Rigiditäten in der außeruniversitären Forschung zählt Deutschland allerdings zu den leistungsfähigsten Wissenschaftsstandorten in der Nanowissenschaft (Kap. 3.3). Daher ist die Hypothese des Beitrages von Heinze/Kuhlmann (2008), dass heterogene Kooperationen im Feld Nanowissenschaft in nennenswertem Umfang existieren und dass man aus der Analyse dieser Zusammenarbeit etwas über die institutionellen Bedingungen solcher Kooperationen im außeruniversitären Forschungssektor lernen kann.

Ausgangspunkt der Analyse sind drei für Forschungsk Kooperationen zentrale Governance-Dimensionen. Die erste Dimension *Interdependenz* erfasst im Anschluss an Whitley (2000) den Grad der funktionalen und strategischen Abhängigkeit (z.B. theoretisch, methodisch, thematisch) zwischen Forschergruppen in einem intellektuellen Feld. Die zweite Dimension *Ressourcenausstattung* erfasst die Verfügbarkeit und die Allokationsmechanismen der sachlichen und personellen Ressourcen, beispielsweise die Höhe der Grundfinanzierung, die Größe des Drittmittelmarktes oder die Bedeutung von technischer Infrastruktur. Die dritte Dimension *Organisation* bezieht sich auf formale Regelungsstrukturen wie Entscheidungs-zentralisierung oder Karrieremuster und auf informale Koordination wie Fremd- und Selbstbilder oder Netzwerke. Mit der zweiten und dritten Dimension werden Markt, Hierarchie, Netzwerk und Gemeinschaft erfasst, die der akteurzentrierte Institutionalismus als zentrale Koordinationsmechanismen autonomer, aber interdependenter Akteure identifiziert hat (z.B. Lütz 2003, Mayntz/Scharpf 1995). Die drei Dimensionen werden erstens mit einer umfangreichen Dokumentenanalyse erhoben, zu der beispielsweise Satzungen, Regeln für Berufungsverfahren, Strategiepapiere und Jahresberichte zählen. Zweitens werden Publikationsdaten sowie Förderdatenbanken ausgewertet. Drittens stützt sich die Analyse auf insgesamt 32 leitfadengestützte Interviews, die zwischen 2004 und 2006 mit Instituts- und Abteilungsleitern sowie Nachwuchswissenschaftlern in den vier außeruniversitären Forschungseinrichtungen durchgeführt wurden.

Die Ergebnisse des Aufsatzes lassen sich in vier Punkten zusammenfassen. *Erstens* sind Kooperationen zwischen der außeruniversitären Forschung und den Universitäten quantitativ weitaus bedeutender als heterogene Kooperationen innerhalb des außeruniversitären Forschungssektors. Allerdings zeigt die qualitative Analyse auf der Mikro- und Mesoebene, dass eine nennenswerte Anzahl heterogener Kooperationen existiert. Hierzu zählen informelle Netzwerke, formale Projektpartnerschaften, Kooperationsverträge zwischen Instituten, gemeinsame Ausbildung von Doktoranden und gemeinsame Nachwuchsgruppen. Diese heterogenen Kooperationen wurden teilweise gegen institutionellen Widerstand durchgesetzt, teilweise aber auch aktiv von Seiten einzelner außeruniversitärer Einrichtungen gefördert. *Zweitens* werden heterogene Kooperationen zum einen aus *wissenschaftlich-inhaltlichen* Gründen gesucht, etwa zur Aktivierung komplementären Wissens, dem Zugang zu Forschungsinstrumenten oder dem Erwerb neuer Fertigkeiten. Zum anderen gibt es aber auch *forschungsstrategische* Gründe der Zusammenarbeit, beispielsweise zur Bildung von Projektkonsortien für die gemeinsame Akquisition von Drittmitteln oder zur Realisierung institutioneller Komplementaritäten. Institutionelle Komplementaritäten können besonders zwischen Instituten der FhG und der MPG beobachtet werden, beispielsweise bei der zügigen

Überführung neuer Materialeigenschaften in Zuverlässigkeitstests oder was die Entstehung grundlagenorientierter Fragestellungen aus anwendungsbezogenen Problemstellungen angeht.

Drittens zählen zu den heterogene Kooperationen fördernden institutionellen Faktoren u.a. die Rekrutierung von beruflich mobilem Personal (Dimension: Organisation) und die austarierte Finanzierung von Instituten mit Grund- und Drittmitteln (Dimension: Ressourcenausstattung). Forschungseinrichtungen können zum einen aus den Erfahrungen beruflich mobiler Wissenschaftler mit heterogenen Organisationskontexten für eigene Kooperationen lernen und zum anderen auf deren Kontaktnetzwerke zurückgreifen. Die Rekrutierung von Personal (wissenschaftlich, technisch, administrativ) mit multiplen Organisationserfahrungen erhöht daher in der Regel die Kapazität von Forschungsinstituten für heterogene Kooperationen. Austarierte Finanzierung bedeutet, dass eine gewisse institutionelle Grundfinanzierung notwendig ist, um überhaupt Know-how in bestimmten Gebieten aufbauen und damit sichtbar (und attraktiv) für potenzielle Kooperationspartner sein zu können. Zwar lässt sich das „optimale“ Verhältnis von Grund- und Drittmittelfinanzierung nicht generell bestimmen. Allerdings kann man an Grenzfällen die negativen Folgen disbalancierter Finanzierungsstrukturen illustrieren. Wenn die Grundfinanzierung beispielsweise eine Vollfinanzierung ist, kann sie ein erhebliches Kooperationshemmnis darstellen. In einigen der von uns untersuchten Einrichtungen besteht praktisch keine Notwendigkeit und teilweise auch keine administrative Kompetenz für ein Engagement in drittmittelfinanzierten Projektverbänden. Daher tendieren solche Institute zur Durchführung isolierter Eigenforschung, sofern sie nicht ausreichend in die wissenschaftlichen Fachgemeinschaften integriert sind.

Viertens zählen zu den heterogene Kooperationen hemmenden institutionellen Faktoren u.a. organisationsbezogene Vorurteile, fehlendes Schnittstellenmanagement (Dimension: Organisation) und ressourcenbedingte Statushierarchien (Dimension: Ressourcenausstattung). Vorurteile basieren aufgrund der geringen Mobilität zwischen den vier außeruniversitären Forschungsorganisationen typischerweise nicht auf eigener Erfahrung, sondern auf Hörensagen. Beispielsweise gelten HGF-Forscher als langsam und unproduktiv, MPG-Forscher als arrogant und weltfremd, sowie FhG-Forscher als chronisch überlastet und rein akquiseorientiert. Solche (und andere) Vorurteile sind auch deswegen weitverbreitet, weil auf der Leitungsebene der Organisationen langezeit kein Schnittstellenmanagement existierte. Erst im Zuge der Systemevaluationen Ende der 1990er Jahre hat es erste Versuche seitens der MPG und der FhG gegeben, stärker nach gemeinsamen Forschungsbereichen zu suchen und diese fallweise zu fördern. Weiterhin hat die Ressourcenausstattung einen negativen Abstrahleffekt auf heterogene Kooperationen. MPG-Institute sind materiell mit Abstand am besten

ausgestattet. Dies hat zum einen zur Folge, dass MPG-Institute nicht in dem Umfang auf externe Zusammenarbeit angewiesen sind, weil sie die notwendigen personellen und materiellen Ressourcen selbst vorhalten. Zum anderen hat die dauerhaft bessere materielle Ausstattung der MPG die Entstehung einer Stushierarchie befördert, die andere außeruniversitäre Institute von der Zusammenarbeit mit MPG-Instituten abhält.

Als Resümee kann festgehalten werden, dass der Beitrag eine Forschungslücke schließt, weil er den Umfang der heterogenen Kooperationen im außeruniversitären Forschungssektor quantifiziert, die kooperationsleitenden Motive herausarbeitet und jene institutionellen Faktoren identifiziert, die Kooperationen innerhalb des außeruniversitären Forschungssektors fördern oder hemmen. Zu den hemmenden Faktoren zählen u.a. organisationsbezogene Vorurteile, fehlendes Schnittstellenmanagement und asymmetrische Ressourcenausstattung. Zu den Kooperation fördernden Faktoren zählen u.a. die Rekrutierung von Personal mit multipler Organisationserfahrung sowie eine austarierte Finanzierungsstruktur. Diese Faktoren sind Ausprägungen der Governancestrukturen Hierarchie (Schnittstellenmanagement), Wettbewerb (Drittmittel) und Netzwerk (Personalrekrutierung).

3.7 Governanceregimes der außeruniversitären Forschung im Wandel

Der zweite Beitrag zum außeruniversitären Forschungssektor befasst sich mit dem Wandel der Regelungsstrukturen und seinen Konsequenzen für die wissenschaftliche Performanz dieser Einrichtungen (Heinze/Arnold 2008). Während es zum institutionellen Wandel der Hochschulen eine Vielzahl von Studien gibt (Kap. 2), wurde der Wandel der Governance im außeruniversitären Forschungssektor bislang nicht eingehend untersucht. Die Forschungsfrage des Aufsatzes ist, ob und in welchem Umfang neue Regelungsstrukturen an die Stelle der traditionellen staatlichen Steuerung getreten sind. Der Beitrag diskutiert, inwieweit analog zum Hochschulbereich staatliche Einflussmöglichkeiten reduziert und andere Koordinationsformen gestärkt wurden und welche Konsequenzen sich aus diesem Wandel für die Profile und die Leistungsfähigkeit der außeruniversitären Forschung ergeben.

Um den Wandel der Regelungsstrukturen der außeruniversitären Forschung zu analysieren, beziehen wir uns auf den Begriff der Governance. In der Literatur hat der Governancebegriff den Begriff der Steuerung zunehmend ersetzt. Dem Governancebegriff liegt nicht die Vorstellung von Steuerung durch einen staatlichen Akteur zugrunde, wie dies vor allem in der älteren Steuerungstheorie der Fall gewesen war (Mayntz 2006). Governance bezeichnet vielmehr institutionell verfasste Regelungsstrukturen, zu deren Entstehung und Aufrechterhaltung verschiedene Akteure beitragen (Benz 2006, Lütz 2003, Mayntz/Scharpf 1995).

Sechs Governancemechanismen sind im Folgenden von Bedeutung: Einfluss staatlicher Akteure, hierarchischer interner Einfluss, Reputationswettbewerb, Ressourcenwettbewerb, Koordination durch Netzwerke und akademische Selbstorganisation. Bei diesen Mechanismen ist von Bedeutung, ob es sich um die Träger- oder Dachorganisation einer Forschungseinrichtung handelt, oder um konkrete Zentren oder Institute. Diese beiden Ebenen sind in den vier untersuchten Einrichtungen nicht nur formalrechtlich verschieden verfasst, sondern auch in ihrer faktischen Bedeutung als Regelungsstruktur von unterschiedlicher Bedeutung. MPG und FhG sind Trägerorganisationen für die ihr angehörenden rechtlich unselbstständigen Institute. Demgegenüber sind WGL und HGF Dachorganisationen mit rechtlich selbstständigen Zentren und Instituten. Weiterhin unterscheiden wir Regelungsstrukturen im Außen- und im Innenverhältnis einer Organisation, also die Außengovernance und die Binnengovernance.

Datengrundlage sind schriftliche Dokumente der untersuchten Forschungsorganisationen, beispielsweise Satzungen, Regeln für Berufungsverfahren, Strategiepapiere, Jahresberichte und Reden der Präsidenten. Weiterhin wurden Publikations- und Patentindikatoren sowie Daten zu Mandatsträgern in Aufsichtsorganen der vier Forschungseinrichtungen erhoben sowie Personal- und Finanzkennziffern aus der amtlichen Statistik herangezogen. In den Jahren 2004 bis 2006 wurden zudem mehr als 40 leitfadengestützte Interviews mit Repräsentanten der Dach- und Trägerorganisationen, Instituts- und Abteilungsleitern, Nachwuchswissenschaftlern sowie Vertretern des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durchgeführt.

Die Ergebnisse lassen sich in fünf Punkten zusammenfassen. *Erstens* hat sich der Staat nicht generell aus der Kontrolle und Koordination der außeruniversitären Forschung zurückgezogen. Die staatliche Kontrolle und Aufsicht über die vier untersuchten Einrichtungen ist, mit Ausnahme der MPG, nach wie vor mittel bis stark ausgeprägt (Heinze/Arnold 2008: Tab. 7, S. 701). Zu beobachten ist allerdings eine Schwerpunktverlagerung der politischen Einflussnahme auf die Ebene der Dach- bzw. Trägerorganisationen. Diese Schwerpunktverlagerung ist am auffälligsten bei der HGF, bei der sich Vertreter des Bundes zunehmend aus den wissenschaftlich-technischen Beiräten der Zentren zurückziehen, jedoch mit dem Ausschuss der Zuwendungsgeber über ein einflussreiches Kontrollorgan auf der Ebene der Dachorganisation verfügen. Kontrollbefugnisse wurden an den Senat und den Präsidenten der HGF delegiert, die nunmehr das Verfahren zur Qualitätskontrolle und Budgetierung organisieren und Förderempfehlungen an die Zuwendungsgeber aussprechen. Durch die neu geschaffene obere Organisationsebene wurde eine zusätzliche Instanz geschaffen, die einen

hierarchischen Einfluss auf die Forschungsplanung der Zentren und Institute ausübt. Die Schwerpunktverlagerung der politischen Einflussnahme bei gleichzeitiger Delegation von Kontrollbefugnissen an die obere Organisationsebene ist auch für die WGL zu beobachten, bei der der Senat die Evaluation der Institute organisiert. Der hierarchische Einfluss der Trägerorganisationen ist auch in den Governanceregimes der MPG und der FhG gestärkt worden. Ähnlichkeiten bestehen bei MPG und FhG hinsichtlich des Einflusses der Trägerorganisationen auf die Forschungsplanung der Institute. Die Schaffung neuer, mit den Leitungsorganen verbundenen Strukturen ging einher mit dem Ausbau von Qualitätskontrollen und Maßnahmen zur internen strategischen Forschungsplanung.

Die Ausweitung des hierarchischen Einflusses der Träger- bzw. Dachorganisationen geht *zweitens* Hand in Hand mit der Erweiterung des Einflusses externer Evaluatoren bei der Beurteilung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit der Zentren und Institute, wodurch der Reputationswettbewerb stärker als bisher üblich institutionalisiert wird. Die Evaluationsgremien der HGF und der WGL werden dabei zunehmend international besetzt. Auch in der MPG lässt sich eine deutliche Zunahme bei der Rekrutierung ausländischer Wissenschaftler in die Fachbeiräte beobachten, während bei der FhG die Intensivierung der Forschungskooperationen zu Einrichtungen der Grundlagenforschung, insbesondere zu Universitäten und MPG-Instituten im Vordergrund steht (Heinze/Arnold 2008: Tab. 7, S. 701).

Eine *dritte*, die außeruniversitären Forschungseinrichtungen übergreifende Entwicklungslinie ist im signifikanten Anstieg des Ressourcenwettbewerbs zu sehen. Im Unterschied zur FhG, in der diese Wettbewerbsform traditionell stark verankert ist, haben die drei anderen Forschungsorganisationen ihre Erträge aus Drittmitteln in den vergangenen Jahren jeweils um ein Vielfaches gesteigert. Die unmittelbarste Konsequenz daraus ist eine verschärfte Konkurrenz auf dem deutschen Drittmittelmarkt. Auf den Eintritt neuer Wettbewerber in ihre angestammte Domäne und angesichts sinkender bilateraler Forschungsaufträge hat der Vorstand der FhG mit der Bildung organisationsinterner Netzwerke reagiert. Weiterhin ist ein Enthierarchisierungseffekt auf Institutsebene nachweisbar, weil Drittmittel als externe Mittel vor allem für Nachwuchswissenschaftler zusätzliche Freiheitsgrade in den traditionell hierarchisch geprägten deutschen Forschungsorganisationen schaffen können.

Viertens existiert eine gemeinsame Entwicklungslinie beim Ausbau der Kooperationsbeziehungen zu den Universitäten. Die mit Abstand deutlichste Intensivierung der Netzwerk-governance zu den Hochschulen ist bei der MPG zu beobachten, die mit einem ganzen Maßnahmenpaket auf die Kritik der internationalen Gutachterkommission reagiert hat. Auch die HGF hat, zuletzt im Rahmen der Exzellenzinitiative, neue Bündnisse mit den Hoch-

schulen geschmiedet, wobei die Gründung des Karlsruhe Institute of Technology (KIT) als Zusammenschluss des Forschungszentrums Karlsruhe (HGF) mit der Technischen Universität Karlsruhe den bisherigen Höhepunkt darstellt. Auch die FhG hat ihre Beziehungen zu den Hochschulen deutlich intensiviert, wenngleich nicht im selben Umfang wie die MPG. Angesichts der Ausstattungsdifferenz zwischen dem außeruniversitären Forschungssektor und den Hochschulen profitieren letztere von den neuen Bündnissen vor allem hinsichtlich des Zugangs zu Forschungsressourcen. Die außeruniversitären Einrichtungen erhalten im Gegenzug Zugang zu Studierenden und wissenschaftlichem Nachwuchs.

Fünftens haben die neuen Regelungsstrukturen Folgen für die Profile und die Leistungsfähigkeit der Einrichtungen. Der Wandel der Governance in der MPG und der FhG lässt sich dahingehend interpretieren, dass ihre markanten Leistungsprofile der Grundlagenforschung (MPG) und der angewandten Auftragsforschung (FhG) unter den neuen institutionellen Rahmenbedingungen erhalten und gefestigt werden sollen. Im Fall der HGF und WGL deuten unsere Analysen auf einen Zusammenhang zwischen der seit den 1990er Jahren überdurchschnittlich gesteigerten Outputeffizienz und den zum Teil weitreichenden Veränderungen in den Governancestrukturen (Heinze/Arnold 2008: Tab. 4, S. 694). Die Effizienzwirkungen der neuen Governancemechanismen sind jedoch nur die eine Seite der Medaille. Denn in der HGF haben die neuen Regelungsstrukturen zu einem hohen Koordinationsaufwand geführt, der erhebliche Personal- und Finanzressourcen bindet. Auch der für alle vier Forschungseinrichtungen verschärfte externe Ressourcenwettbewerb absorbiert in erheblichem Umfang Personalkapazitäten. Fraglich erscheint daher, ob die Vervielfachung der Steuerungsmechanismen zu neuen Impulsen in der Forschung geführt hat. Ob die Produktivitätswirkungen der neuen Regelungsstrukturen mittel- und langfristig die Innovationsfähigkeit befördern, ist eine offene Frage. Die erwähnten Tendenzen einer *Übersteuerung* geben diesbezüglich eher Anlass zur Skepsis.

Insgesamt unterscheidet sich der Entwicklungspfad der außeruniversitären Forschung vom Hochschulsektor darin, dass von einem Rückzug staatlicher Koordination, so wie er in weiten Teilen der Literatur zur Hochschulgovernance diagnostiziert wird, nicht die Rede sein kann. Zwar werden bei HGF und WGL politische Kontrollbefugnisse teilweise an die Dachorganisationen und an den externen Reputationswettbewerb delegiert. Da die formalen Weisungsrechte der staatlichen Akteure jedoch fortbestehen, haben die beiden neuen Governancemechanismen die politische Koordination nicht einfach ersetzt. Es ist vielmehr zu einer Vervielfachung der Steuerungsmechanismen gekommen. Die Bereitschaft der staatlichen Akteure, in den außeruniversitären Forschungssektor nach forschungspolitischen Gesichts-

punkten einzugreifen, lässt sich auch an der 2001 erfolgten Eingliederung der früher zur HGF gehörenden Gesellschaft für Mathematische Datenverarbeitung (GMD) in die FhG ablesen, die vom BMBF gegen den jahrelangen Widerstand sowohl seitens der FhG als auch der GMD durchgesetzt wurde.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich seit Anfang der 1990er Jahre die Organisations- und Entscheidungsstrukturen im außeruniversitären Forschungssektor verändert haben. Unsere Analyse zeigt, dass die Outputeffizienz der vier Einrichtungen bei Publikationen und Patentanmeldungen deutlich gestiegen ist. Im Gegensatz zum Hochschulsektor lässt sich aber bislang kein Rückzug der staatlichen Governance feststellen. Auch haben hierarchisches Forschungsmanagement, Ressourcenwettbewerb, Netzwerkkoordination und Reputationswettbewerb an Bedeutung gewonnen. Die Vervielfachung der Koordinationsmechanismen deutet auf einen Trend zur *Übersteuerung* der außeruniversitären Forschung hin.

4. Resümee und Desiderata

Die Habilitationsschrift ist ein Beitrag zur Beantwortung der gesellschaftstheoretischen Frage nach den institutionellen Rahmenbedingungen für ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem. Mithilfe des Konzepts der Kreativität wird argumentiert, dass das Wissenschaftssystem dann leistungsfähig ist, wenn es anschlussfähige Neuerungen hervorbringt und auf diese Weise die gesellschaftliche Wissensbasis erweitert. Anschlussfähige Neuerungen sind jedoch voraussetzungsreich. Sie bedürfen institutioneller Strukturen, die die fundamentale Spannung zwischen dem Streben nach Verfeinerung des etablierten Wissens einerseits und nach Überschreitung des gegenwärtigen Wissensvorrats andererseits stabilisieren. Stabilisierte Spannung heißt, dass sich weder Neuheit noch Anschlussfähigkeit einseitig eine Vorrangstellung verschaffen können. Im Falle einer einseitigen Vorrangstellung sind die Produkte wissenschaftlicher Forschung entweder Beiträge, denen die Anerkennung versagt bleibt (Q1 in Abb. 1) oder Beiträge im disziplinären Mainstream (Q3 in Abb.1). Ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem bringt demgegenüber immer wieder kreative Forschungsprodukte hervor (Q2 in Abb.1). Zu diesen gehören neben neuen Theorien und Methoden auch Forschungsinstrumente, empirische Entdeckungen und die Synthese bislang unverbunden gebliebener Ideen (Kap. 3.1).

Die einzelnen Beiträge der Habilitation haben eine Vielzahl von Faktoren identifiziert, die charakteristisch für jene institutionellen Strukturen sind, die das Spannungsverhältnis von Neuheit und Anschlussfähigkeit stabilisieren (Kap. 3.2, 3.3). Auf der Netzwerkebene sind dies Broker-Positionen von Wissenschaftlern, auf der Gruppen- und Organisationsebene ein Arbeitskontext mit langfristigen Forschungszielen und individueller Autonomie, mit kleinen Gruppen, mit effektiver Gruppenleitung, mit komplementärer intellektueller Vielfalt innerhalb der Forschungseinrichtung, mit flexibler Finanzierung und mit Zugang zur Expertise externer Gruppen. Diese Faktoren erhöhen im Verbund die Wahrscheinlichkeit für anschlussfähige Neuerungen. Sie variieren auch in gewissen Grenzen mit Ausprägungen ihrer institutionellen Umwelt, insbesondere mit Drittmittelfinanzierung und Reputationswettbewerb. Im Hinblick auf Drittmittelfinanzierung wird herausgearbeitet, dass Forschungsförderorganisationen in ihrem Bemühen originelle Forschungsvorhaben zu unterstützen, auf langfristige Finanzierung, Personen- statt Projektförderung, Ausrichtung der Förderung am tatsächlichen Talentpool (im Gegensatz zu apriori festgelegten Budgets) und die Abkehr von der strikten Anwendung des Konsensprinzips beim Peer Review achten sollten (Kap. 3.5). Die Fähigkeit der Wissenschaft anschlussfähige Neuerungen hervorzubringen, wird aber nicht nur auf der Gruppen-, Organisations- und Netzwerkebene analysiert, sondern auch auf der Ebene von organisatio-

nen Feldern: der außeruniversitären Forschungssektor Deutschlands, und globalen intellektuellen Feldern: die Nanowissenschaft. Zu diesen Ebenen wurden ebenfalls zahlreiche Befunde präsentiert (Kap. 3.4, 3.6, 3.7).

4.1 Weiterführende Projekte zur institutionellen Reproduktion der Wissenschaft

Weiter oben wurde argumentiert, dass zu einer schlüssigen gesellschaftstheoretischen Perspektive Aussagen darüber gehören, wie die Fähigkeit des Wissenschaftssystems, kognitive Innovationen hervorzubringen, institutionell reproduziert werden kann. Mit den Befunden der Habilitationsschrift können wichtige Fragen zur institutionellen Reproduktion beantwortet werden. Damit ist dieses Thema natürlich noch nicht erschöpfend behandelt. Zwei weiterführende Projekte sollen hier kurz skizziert werden.

Berufliche Biographien kreativer Wissenschaftler. Die Fallstudienanalyse (Kap. 3.3) sowie die Untersuchung von Förderinitiativen für originelle Forschungsvorhaben (Kap. 3.5) geben Anlass zu der Frage, inwiefern sich die beruflichen Biographien kreativer Wissenschaftler von denen ihrer Kollegen unterscheiden. Nach unseren Befunden wechseln Forscher dann ihren Arbeitsort, wenn sie woanders allgemein bessere Arbeitsbedingungen vorfinden, oder wenn ihnen der Wechsel des Arbeitsortes auch einen Wechsel in ein neues Forschungsfeld ermöglicht. Berufliche Wechsel sind daher ein Mechanismus zur Weiterentwicklung individueller Forschungsinteressen. Gleichzeitig stellen sie aber auch einen Mechanismus des Reputationswettbewerbs dar, in dem Forschungsorganisationen um die besten Wissenschaftler konkurrieren. Angesichts der steigenden internationalen Mobilität hat dieser Mechanismus in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen (Kap. 3.4). Daher wird auf der Basis des in Kap. 3.1 vorgestellten Datensatzes ein von der National Science Foundation (NSF) finanziertes Projekt zur Untersuchung der beruflichen Biographien kreativer Wissenschaftler im Rahmen eines Kontrollgruppendesigns durchgeführt. An diesem Projekt ist der Verfasser der Habilitationsschrift als Principal Co-Investigator beteiligt.

Institutioneller Wandel der Industrieforschung. Weiterhin deuten die Fallstudienanalyse (Kap. 3.3) und die Untersuchung kreativer Forschungskapazitäten auf der Makroebene des Wissenschaftssystems (Kap. 3.4) auf wissenschaftlich besonders erfolgreiche institutionelle Arrangements in Grundlagenlabors großer Industrieunternehmen hin. Dies kontrastiert mit der Beobachtung, dass viele industrielle Grundlagenlabors seit den 1990er Jahren geschlossen oder stark verkleinert wurden. Industrieunternehmen ziehen sich immer mehr aus der explorativen Forschung zurück. Aus beiden Beobachtungen leiten sich Forschungsfragen ab. So ist erstens auf einer breiten Datenbasis zu klären, welche Organisations- und Entscheidungsstrukturen der Industrielabors zu ihren wissenschaftlichen und technischen Erfolgen beigetragen haben.

Zweitens bedarf es einer detaillierten Analyse des Niedergangs des Industrielabors als Institution, in der besonders viele anschlussfähige Neuerungen hervorgebracht wurden. Ausgehend von dem in Kap. 3.1 vorgestellten Datensatz und weiteren Interviews aus den Jahren 2008 und 2009 arbeitet der Verfasser der Habilitationsschrift derzeit an einem Projektantrag für die DFG.

4.2 Forschungsprojekt zur institutionellen Erneuerung der Wissenschaft

Ein eng mit der institutionellen Reproduktion des Wissenschaftssystems verbundenes Thema ist die Erneuerungsfähigkeit der Forschung (Kap. 2). Die institutionellen Strukturen der Forschung stehen aufgrund der dynamischen Entwicklung der Wissensgebiete fortwährend vor der Herausforderung, neue Forschungsgebiete und Disziplinen zu etablieren und zu unterstützen. In der Habilitationsschrift sind schwerpunktmäßig kognitive Neuerungen das Explanandum, das durch bestimmte Variablen auf der Gruppen-, Organisations- und Netzwerkebene sowie der Ebene der institutionellen Umwelt erklärt wird. Demgegenüber werden kognitive Neuerungen in der Perspektive der Erneuerungsfähigkeit als Auslöser von Strukturänderungen gesehen, die in Abhängigkeit von den verfügbaren institutionellen Mechanismen mehr oder weniger tiefgreifend sein können. Die der Erneuerungsfähigkeit zugrundeliegenden Mechanismen sind gegenwärtig nur unzureichend empirisch erforscht, und in ihren Wechselwirkungen bislang nur ansatzweise verstanden. Daher stellt die Analyse institutioneller Mechanismen ein Desiderat dar.

Bei Erneuerungsfähigkeit geht es um Organisationsformen, Finanzierungsformate, Rekrutierungsverfahren und Karrieremuster, die sich bei der Etablierung neuer Forschungsthemen und -gebiete, gerade auch an den Grenzen etablierter Disziplinen, bewährt haben. Erstens geht es hier um den Aufbau neuer Forschungskapazitäten, beispielsweise die Einrichtung neuer Forschergruppen, die Etablierung von Lehrstühlen und Sonderforschungsbereichen, oder der Aufbau ganzer Institute und neuer Studiengänge innerhalb der Universitäten und in den Einrichtungen des außeruniversitären Forschungssektors. Zweitens geht es um den Rückbau vorhandener institutioneller Strukturen und die Umverteilung von Ressourcen, beispielsweise durch Nichtbesetzung vakanter Lehrstühle, thematische Umorientierung von Abteilungen und Instituten oder den Entzug von Forschungsressourcen. Daher werden im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projekts in ausgewählten Forschungsfeldern institutionelle Mechanismen im Vergleich Deutschland - Vereinigte Staaten untersucht. An diesem Projekt ist der Verfasser der Habilitationsschrift als Projektleiter beteiligt.

Literatur

- Aksnes, Dag W. (2006): Citation rates and perceptions of scientific contribution, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57, 2, 169-85.
- Amabile, Teresa M. (1996): *Creativity in Context: Update to the Social Psychology of Creativity*. Boulder: Westview Press.
- Amable, Bruno (2000): Institutional complementarity and diversity of social systems of innovation and production, *Review of International Political Economy*, 7, 4, 645-87.
- Andrews, Frank M. (Hg.) (1979): *Scientific Productivity: The Effectiveness of Research Groups in Six Countries*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Appelbaum, Richard P und Rachel A Parker (2008) China's bid to become a global nanotech leader: advancing nanotechnology through state-led programs and international collaborations, *Science and Public Policy*, 35, 5, 319-334.
- Audia, Pino G. und Jack A. Goncalo (2007): Past Success and Creativity over Time: A Study of Inventors in the Hard Disk Drive Industry, *Management Science*, 53, 1, 1-15.
- Ben-David, Joseph (1971): *The Scientist's Role in Society*. Chicago: Chicago University Press.
- Benz, Arthur (2006): Governance in Connected Arenas - Political Science Analysis of Coordination and Control in Complex Rule Systems. In Dorothea Jansen (Hg.), *New Forms of Governance in Research Organizations - From Disciplinary Theories Towards Interfaces and Integration*. Dordrecht: Springer.
- Brook, Richard (Hg.) (1999): *Forschungsförderung in Deutschland. Bericht der internationalen Kommission zur Systemevaluation der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft: Volkswagen-Stiftung*.
- Bourke, Paul und Linda Butler (1999): The efficacy of different modes of funding research: perspectives from Australian data on the biological sciences, *Research Policy*, 28, 489-99.
- Burt, Ronald S. (1992): *Structural Holes. The Social Structure of Competition*. London: Harvard University Press.
- Burt, Ronald S. (2004): Structural holes and good ideas, *American Journal of Sociology*, 110, 349-99.
- Cotgrove, Stephen und Steven Box (1970): *Science, Industry and Society. Studies in the Sociology of Science*. London: Allen & Unwin.
- de Boer, Harry F., Jürgen Enders und Uwe Schimank (2007): On the Way towards New Public Management? The Governance of University Systems in England, the Netherlands, Austria, and Germany. In Dorothea Jansen (Hg.), *New Forms of Governance in Research Organizations. Disciplinary Approaches, Interfaces and Integration*. Dordrecht: Springer.
- Doel, Ronald E. (2003): Constituting the Postwar Earth Sciences: The Military's Influence on the Environmental Sciences in the USA after 1945, *Social Studies of Science*, 33, 5, 635-66.
- Eisenberg, Rebecca S. (1987): Proprietary Rights and the Norms of Science in Biotechnology Research, *The Yale Law Journal*, 97, 2, 177-231.
- Eisenhardt, Kathleen M. und Melissa E. Graebner (2007): Theory Building from Cases: Opportunities and Challenges, *Academy of Management Journal*, 50, 1, 25-32.
- Enders, Jürgen (Hg.) (2000): *Employment and Working Conditions of Academic Staff in Europe*. Frankfurt am Main.
- Evans, James A. (2004): *Sharing the Harvest: The Uncertain Fruits of Public/Private Collaboration in Plant Biotechnology*. Doctoral Dissertation, Department of Sociology, University of Stanford.
- Etzioni, Amitai (1961) *A Comparative Analysis of Complex Organizations. On Power, Involvement, and Their Correlates*. New York: Free Press.

- Fleming, Lee und Mark Szigety (2006): Exploring the Tail of Creativity: An Evolutionary Model of Breakthrough Invention. In Joel A.C. Baum, Stanislav D. Dobrev and Arjen van Witteloostuijn (Hg.), *Ecology and Strategy: Advances in Strategic Management*, Vol. 23. Oxford: Elsevier/JAI.
- Fleming, Lee, Santiago Mingo und David Chen (2007): Collaborative Brokerage, Generative Creativity, and Creative Success, *Administrative Science Quarterly*, 52, 3, 443-75.
- Frank, David John und Jay Gabler (2006): *Reconstructing the University. Worldwide Shifts in Academia in the 20th Century*. Stanford: Stanford University Press.
- Gehlen, Arnold (2004) [1956]: *Urmensch und Spätkultur. Philosophische Ergebnisse und Aussagen*. Frankfurt a. M.: Klostermann.
- George, Alexander und Andrew Bennett (2005): *Case Studies and Theory Development in the Social Sciences*. Cambridge: MIT Press.
- Gornitzka, Ase, Svein Kyvink und Ingvild Marheim Larsen (1998): The Bureaucratisation of Universities, *Minerva*, 36, 21-47.
- Grant, Jonathan und Liz Allen (1999): Evaluating high risk research: an assessment of the Wellcome Trust's Sir Henry Wellcome Commemorative Awards for Innovative Research, *Research Evaluation*, 8, 3, 201-4.
- Hall, Peter A. und David Soskice (2001): An Introduction to Varieties of Capitalism. In Peter A. Hall und David Soskice (Hg.), *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. New York: Oxford University Press.
- Hamblin, Jacob Darwin (2005): *Oceanographers and the Cold War. Disciples of Marine Science*. Seattle, London: University of Washington Press.
- Heinze, Thomas (2006): *Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft. Das Beispiel der Nanotechnologie*. Frankfurt/New York: Campus Forschung.
- Heller, Michael und Rebecca S. Eisenberg (1998): Can patents deter innovation? The anticommons in biomedical research, *Science*, 280, 698-701.
- Hohn, Hans-Willy und Uwe Schimank (1990) *Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem: Akteurkonstellationen und Entwicklungspfade in der staatlich finanzierten außeruniversitären Forschung*. Frankfurt: Campus.
- Hollingsworth, R. (2002): *Research organizations and major discoveries in twentieth-century science: A case of excellence in biomedical research*. Berlin WZB Discussion Paper P02-003.
- Hollingsworth, R. (2004): *Institutionalizing Excellence in Biomedical Research: The Case of Rockefeller University*. In Darwin H. Stapleton (Hg.), *Creating a Tradition of Biomedical Research. Contributions to the History of The Rockefeller University*. New York: Rockefeller University Press.
- Hollingsworth, R. (2006): *A Path-Dependent Perspective on Institutional and Organizational Factors Shaping Major Scientific Discoveries*. In Jerald Hage und Marius Meeus (Hg.), *Innovation, Science, and Institutional Change*. Oxford: Oxford University Press.
- Hullmann, Angela und Martin Meyer (2003): Publications and patents in nanotechnology. An overview of previous studies and the state of the art, *Scientometrics*, 58, 3, 507-27.
- Kölbel, Matthias (2002) *Wachstum der Wissenschaftsressourcen in Deutschland 1650-2000. Eine empirische Studie zur Anzahl der Hochschulen und Professoren sowie der Forschungsausgaben*, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 25, 1-23.
- Kornhauser, William (1962): *Scientists in Industry: Conflict and Accommodation*. Berkeley: University of California Press.
- Krücken, Georg und Frank Meier (2006): *Turning the University into an Organizational Actor*. In Gili Drori, John Meyer und Hoky Hwang (Hg.), *Globalization and Organization*. Oxford: Oxford University Press.
- Kuhn, Thomas S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

- Lange, Stefan und Uwe Schimank (2007): Zwischen Konvergenz und Pfadabhängigkeit: New Public Management in den Hochschulsystemen fünf ausgewählter OECD-Länder. In Katharina Holzinger, Helge Jörgens und Christoph Knill (Hg.), Transfer, Diffusion und Konvergenz von Politiken. Wiesbaden: VS.
- Langfeldt, Liv (2001): The decision-making constraints and processes of grant peer review, and their effects on the review outcome, *Social Studies of Science*, 31, 6, 820-41.
- Langfeldt, Liv und Karl Erik Brofoss (2005): Evaluation of the European Young Investigator Awards Scheme. In Working Paper, October 2005. Oslo: NIFU STEP.
- Laudel, Grit (2006): The Art of Getting Funded: How Scientists Adapt to Their Funding Conditions, *Science und Public Policy*, 33, 7, 489-504.
- Luhmann, Niklas (1992): Die Wissenschaft der Gesellschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1997): Die Gesellschaft der Gesellschaft, 2 Bde. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Lütz, Susanne (2003): Governance in der politischen Ökonomie - zum Stand der Debatte, *Politische Vierteljahresschrift*, 44, 2, 231-43.
- March, James G. (1991): Exploration und Exploitation in Organizational Learning, *Organization Science*, 2, 71-87.
- March, James G. (2007): The study of organizations und organizing since 1945, *Organization Studies*, 28, 1, 9-19.
- Mayntz, Renate (2006): Governance Theory als fortentwickelte Steuerungstheorie? In Gunnar Folke Schuppert (Hg.), *Governance-Forschung. Vergewisserung über Stand und Entwicklungslinien*. Baden-Baden: Nomos.
- Mayntz, Renate und Fritz Scharpf (1995): Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus. In Renate Mayntz und Fritz Scharpf (Hg.), *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung*. Frankfurt: Campus.
- Meier, Frank (2009): Die Universität als Akteur. Zum institutionellen Wandel der Hochschulorganisation. Wiesbaden: VS Research.
- Melin, Göran und Rickard Danell (2006): The top eight percent: development of approved and rejected applicants for a prestigious grant in Sweden, *Science and Public Policy*, 33, 10, 702-12.
- Merton, Robert K. (1968a): Puritanism, Pietism, and Science. In Robert K. Merton (Hg.), *Social Theory and Social Structure*. Glencoe: Free Press.
- Merton, Robert K. (1968b): Science and the Social Order. In Robert K. Merton (Hg.), *Social Theory and Social Structure*. Glencoe: Free Press.
- Merton, Robert K. (1968c): Science and Democratic Social Structure. In Robert K. Merton (Hg.), *Social Theory and Social Structure*. Glencoe: Free Press.
- Meyer, Martin (2001): Patent citation analysis in a novel field of technology: An exploration of nano-science and nano-technology, *Scientometrics*, 51, 1, 163-83.
- Münch, Richard (2007): Die akademische Elite. Zur sozialen Konstruktion wissenschaftlicher Exzellenz. Frankfurt: Suhrkamp.
- Münch, Richard (2008): Stratifikation durch Evaluation: Mechanismen der Konstruktion und Reproduktion von Statushierarchien in der Forschung, *Zeitschrift für Soziologie*, 37, 1.
- Musselin, Christine (2004): Towards a European academic labour market? Some lessons drawn from empirical studies on academic mobility, *Higher Education*, 48, 55-78.
- Musselin, Christine (2005): European academic labor markets in transition, *Higher Education*, 49, 135-54.
- Nalwa, Hari Singh (Hg.) (2004): *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology: Volumes 1-10*. Valencia, Cal.: American Scientific Publishers.
- Pelz, Donald C. und Frank M. Andrews (1966): *Scientists in Organizations. Productive Climates for Research and Development*. New York: John Wiley and Sons.
- Polanyi, Michael (1969): *Knowing and Being*. With an introduction by Marjorie Grene. Chicago: Chicago University Press.

- Schimank, Uwe (2005): "New Public Management" And The Academic Professions: Reflections On The German Situation, *Minerva*, 43, 4, 361-76.
- Simonton, D. K. (1999): *Origins of genius: Darwinian perspectives on creativity*. New York: Oxford University Press.
- Simonton, Dean K. (2004): *Creativity in Science. Change, Logic, Genius, and Zeitgeist*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stephan, Paula E. und Sharon G. Levin (2001): Exceptional Contributions to US Science by the Foreign-Born and Foreign-Educated, *Population Research and Policy Review*, 20, 1-2, 59-79.
- Sternberg, Robert J. (2003): *Wisdom, Intelligence, and Creativity Synthesis* Hg. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sulston, John und Georgina Ferry (2002): *The Common Thread: A Story of Science, Politics, Ethics and the Human Genome*. Washington, DC: Joseph Henry Press Books.
- van Raan, Anthony F.J. (2004): *Measuring Science*. In Henk F. Moed, Wolfgang Glänzel und Ulrich Schmoch (Hg.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. Dordrecht: Kluwer.
- Wang, Jessica (1999): Merton's Shadow: Perspectives on Science and Democracy Since 1940, *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 30, 1, 279-306.
- Weinert, Franz Emanuel (2000): Individuelle Kreativität und kollektives Ergebnis, *Der Architekt. Zeitschrift des Bundes deutscher Architekten*, 48, 3 24-31.
- Whitley, Richard (2000): *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*, 2 nd edition. Oxford: Oxford University Press.
- Ziman, John (1994): *Prometheus Bound. Science in a Dynamic Steady State*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zaheer, Akbar und Geoffrey G. Bell (2005): Benefiting from Network Position: Firm Capabilities, Structural Holes, and Performance, *Strategic Management Journal*, 26, 9, 809-25.
- Zucker, Lynne und Michael R. Darby (2007): *Nanobank Data Description, release 1.0 (beta-test)*. Los Angeles, CA: UCLA Center for International Science, Technology, and Cultural Policy and Nanobank.
- Zuckerman, Harriet (1977): *Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States*. New York: Free Press.