

## Die Verknüpfung von Erkenntnisgewinn und Wertschöpfung. Empirische Befunde für die Bio- und Nano-Technologien

Der Ausgangspunkt meiner Überlegungen ist ein Theoriedefizit in der Innovationsforschung. Die interdisziplinäre Innovationsforschung hat unter den Stichworten Wissens- und Technologietransfer, wissensbasierte Industrien, technologische Leistungsfähigkeit und Netzwerke eine kaum noch zu überblickende Fülle von Befunden zum Verhältnis von wissenschaftlicher Forschung, Erfindungstätigkeit und der Herstellung neuer Güter und Dienstleistungen zusammengetragen. Hierzu zählen beispielsweise Indikatoren zu den Inputs und Outputs im Innovationsprozess<sup>1</sup> oder Modelle zur Charakterisierung typischer Phasen in der Technologieentwicklung<sup>2</sup>. Die Innovationsforschung hat bisher aber keine theoretisch befriedigende Antwort auf die Frage formuliert, wie aus wissenschaftlicher

- 1 van Raan, A., Measuring Science. – In: Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Hrsg. v. H. F. Moed, Wolfgang Glänzel u. Ullrich Schmoch. Dordrecht: Kluwer, 2004, S. 19 – 50; Barré, R., S & T Indicators for Policy Making in a Changing Science-Society Relationship. – In: Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Hrsg. von H. F. Moed, Wolfgang Glänzel u. Ullrich Schmoch. Dordrecht: Kluwer, 2004, S. 115 – 131; Bassecoulard, E. / Zitt, M., Patents and Publications. The Lexical Connection. – In: Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Hrsg. v. H. F. Moed, Wolfgang Glänzel u. Ullrich Schmoch. Dordrecht: Kluwer, 2004, S. 665 – 94; Narin, F. / Breitzman, T. / Thomas, P., Using Patent Citation Indicators to Manage a Stock Portfolio. – In: Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Hrsg. v. H. F. Moed, Wolfgang Glänzel u. Ullrich Schmoch. Dordrecht: Kluwer, 2005, S. 553 – 568; Grupp, H., Messung und Erklärungen des Technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik. Berlin: 1997.
- 2 Utterback, J. M., Mastering the Dynamics of Innovation. Boston: Harvard Business School Press, 1994; Anderson, P. / Tushman, M. L., Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change. – In: Administrative Science Quarterly 35(2000), S. 604 – 633; Tushman, M. L. / Anderson, P., Technological Discontinuities and Organizational Environments. – In: Administrative Science Quarterly. 31(1986), S. 439 – 465; Kline, S. J. / Rosenberg, N., An overview of innovation. – In: The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth. Hrsg. v. R. Landau / N. Rosenberg. Washington D.C.: National Academy Press, 1986, S. 275 – 305; Rothwell, R. / Zegveld, W., The process of technological innovation: Patterns and influences. – In: Reindustrialisation and Technology. Hrsg. v. R. Rothwell u. W. Zegveld. London: Longman, S. 47 – 62.

Erkenntnisproduktion wirtschaftliche Wertschöpfung erwächst. Ein Versuch in dieser Richtung war der in Politikzirkeln seit den späten 1980er Jahren gern verwendete Ansatz der National Systems of Innovation, der aber aus wissenschaftlicher Perspektive unergiebig geblieben ist. Zweitens gab es die eine Zeitlang mit den Schlagwörtern triple helix oder mode 2 geführte Diskussion in den 1990er Jahren. Beide Ansätze haben wenig zur theoretischen Durchdringung des komplexen und im Wandel befindlichen Verhältnisses von Wissenschaft und Wirtschaft beigetragen, und beide sind von den einschlägigen sozialwissenschaftlichen Theorien nicht aufgegriffen und weiterentwickelt worden.

Damit komme ich zu den beiden Zielen meines Beitrags. Ich möchte erstens eine theoretisch überzeugende Antwort auf die Frage geben, wie Erkenntnisproduktion und Wertschöpfung miteinander verknüpft sind. Meine Antwort formuliere ich im Rahmen der Systemtheorie Luhmanns, insbesondere unter Zuhilfenahme des Konzepts der strukturellen Kopplung. Zweitens möchte ich anhand ausgewählter Befunde die theoretischen Überlegungen illustrieren. Hierzu ziehe ich zwei wissenschaftliche Technologiefelder heran. Am Beispiel der Bio- und Nanotechnologie lässt sich das Potenzial aufzeigen, das hinter dem theoretischen Konzept der strukturellen Kopplung steht.

Man kann natürlich fragen, warum ich die Luhmannsche Systemtheorie als Analyserahmen verwende und nicht institutionelle Ansätze, etwa den akteurzentrierten Institutionalismus. Die Antwort hierzu ist recht einfach. Luhmann ist nicht mehr dazu gekommen, das Konzept der strukturellen Kopplung angemessen auszuarbeiten. Sein vorrangiges Interesse galt der Fertigstellung der Monographien zu den Funktionssystemen Massenmedien, Wissenschaft, Wirtschaft, Recht, Religion, Erziehung und Kunst. Mir geht es darum, die unvollständig gebliebenen Überlegungen zur strukturellen Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft zu ergänzen und zu präzisieren.

Demgegenüber ist es nicht mein Anliegen, Makrophänomene als Ergebnis konkreter Akteurkonstellationen zu erklären. Ich möchte also nicht Strukturen des Wissens- und Technologietransfers oder die Dynamik wissenschaftlicher Industrien als Ergebnis einer interessengeleiteten Koordination kollektiver Akteure rekonstruieren – so wie es der akteurzentrierte Institutionalismus tut.<sup>3</sup> Sondern mir geht es darum, aus gesellschaftstheoretischer Perspektive erklären, wie es überhaupt zu Leistungstransfer zwischen den beiden funktional differenzierten

3 Mayntz, R. / Scharpf, F., Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus. – In: Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung. Hrsg. v. Renate Mayntz u. Fritz Scharpf Frankfurt am Main: Campus, 1995; Scharpf, F., Interaktionsformen. Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung. Wiesbaden: VS, 2. Auflage 2006, S. 95 – 158.

Systemen Wissenschaft und Wirtschaft kommt und welche konkreten Formen für diese Leistungstransfers empirisch von Bedeutung sind.

Werfen wir also einen Blick auf die beiden Funktionssysteme Wissenschaft und Wirtschaft, um die es hier geht. In beiden Systemen wird Sinn erzeugt und verarbeitet. Der für die Wissenschaft maßgebliche Sinnbezug ist, dass Kommunikationen als wahrheitsfähige Aussagen behandelt werden. Demgegenüber liegt der für die Wirtschaft maßgebliche Sinnbezug darin, Kommunikationen als geldvermittelte Transaktion zu behandeln. Beide Systeme benutzen hierfür die symbolisch generalisierten Medien Wahrheit und Geld. Im Medium Wahrheit wird eine Kommunikation als wahr oder nicht-wahr codiert, im Medium Geld als Zahlung oder Nicht-Zahlung. Weil die Medien binär codiert sind, fungieren sie als Katalysatoren für weitere Kommunikationen. Sie machen die Annahme einer Anschlusskommunikation erwartbar. Durch die Erwartbarkeit bilden sich Ketten wechselseitig aufeinander bezogener Kommunikationen, und zwar entlang der beiden gesellschaftlichen Bezugsprobleme Erkenntnisgewinn und Produktion beziehungsweise Verteilung knapper Güter.

Die Ausdifferenzierung von funktional autonomen Sozialsystemen ist historisch immer mit der Herausbildung struktureller Kopplungen verbunden. Dieser Zusammenhang ist von Luhmann eindeutig und unmissverständlich formuliert worden: „Würde man die moderne Gesellschaft lediglich als eine Menge von autonomen Funktionssystemen beschreiben, die einander keine Rücksicht schulden, (...) ergäbe das ein höchst einseitiges Bild. Es wäre dann schwer zu verstehen, wieso diese Gesellschaft nicht binnen kurzem explodiert oder in sich zerfällt. (...) Faktisch sind alle Funktionssysteme durch strukturelle Kopplung miteinander verbunden und in der Gesellschaft gehalten“<sup>4</sup>.

Die Frage ist aber, was strukturelle Kopplungen sind. Die systemtheoretische Antwort lautet: Strukturkopplungen sind Formen, mit denen sich Systeme auf selektive Weise gegenseitig beeinflussen. Das bedeutet, dass sich Systeme erwartbar auf die Operationen anderer Systeme einstellen. Wie bereits bei den generalisierten Medien treffen wir hier wieder auf den Erwartungsbegriff. Hierauf komme ich gleich zurück. Zunächst aber ein Beispiel: Verträge als Strukturkopplung von Wirtschaft und Recht. Wirtschaftliche Transaktionen kommen nur zustande, wenn sie mit geltendem Recht übereinstimmen. Um zahlungswirksam zu sein, bedürfen wirtschaftliche Transaktionen der Rechtmäßigkeit. Wenn Transaktionen nicht rechtmäßig sind, kommen sie entweder nicht zustande oder sie werden nachträglich aufgehoben. Das bedeutet, dass Zahlungen immer auch mit der Unterscheidung recht / unrecht beobachtet werden. Die Form,

4 Luhmann, N., Die Gesellschaft der Gesellschaft. 2 Bände. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1997, S. 776 ff.

die diesen doppelten Sinnbezug (Wirtschaft, Recht) dauerhaft gewährleistet und einfordert, ist der Vertrag. Im Vertrag ist festgelegt, wer Eigentümer ist und zu welchen Konditionen Eigentumsrechte übertragen werden. Der Vertrag ist eine Form, die die rechtlichen Voraussetzungen für zahlungswirksame Transaktionen benennt und erwartbar macht. Das bedeutet, dass nicht alle prinzipiell möglichen Transaktionen realisiert werden, sondern nur die vertraglich vereinbarten und damit rechtlich zulässigen Transaktionen.

Und hier sind wir beim eben erwähnten Begriff der Erwartung, genauer: der Leistungserwartung. Der rechtliche Rahmen schafft einen stabilen Erwartungshorizont für wirtschaftliche Transaktionen. Der Rechtsrahmen ist somit eine Voraussetzung für eine funktionstüchtige Wirtschaft, und der Vertrag eine aus Sicht der Wirtschaft systemfremde aber unverzichtbare Leistung. Ohne diese Leistung kämen rationale Preisbildung, Investitionen und Märkte gar nicht zustande. Verträge sind daher Leistungen des Rechtssystems an die Wirtschaft. Die Leistung der Wirtschaft an das Rechtssystem besteht dann darin, dass das sachkundige Schließen, Überwachen und Auflösen von Verträgen Geld kostet. Das Wirtschaftssystem stellt dem Rechtssystem im Gegenzug somit Zahlungsfähigkeit zur Verfügung. Der Leistungstransfer zwischen Recht und Wirtschaft ist somit: Rechtssicherheit gegen Zahlungsfähigkeit.<sup>5</sup>

Dieser Leistungstransfer in Form von Verträgen ist für beide Systeme erwartbar. Man sieht, an dieser Stelle, dass der Erwartungsbegriff nicht nur für die Systemdifferenzierung eine zentrale theoretische Rolle spielt, sondern eben auch für die Systemintegration. Die Existenz struktureller Kopplungen macht es für sozial differenzierte Systeme erwartbar, dass sie Leistungen anderer Systeme in Anspruch nehmen können.

Was ist nun das Pendant für den Vertrag, wenn es um die Verknüpfung von Erkenntnisgewinn und Wertschöpfung geht? In einer ersten Annäherung lässt sich diese Frage dahingehend beantworten, dass Wissenschaft und Wirtschaft durch die technisch-ökonomische Umsetzbarkeit neuen Wissens verknüpft sind. Die Wirtschaft kommt aufgrund des Konkurrenzprinzips gar nicht darum herum, Forschungsleistungen in Produkte und Dienstleistungen umzusetzen.<sup>6</sup> Etwas präziser lässt sich die Frage beantworten, wenn wir sagen, dass Wissenschaft und Wirtschaft in Form wissensbasierter Technologien integriert werden. Im Ge-

5 Vgl. hierzu Lieckweg, T., *Das Recht der Weltgesellschaft. Systemtheoretische Perspektiven auf die Globalisierung des Rechts am Beispiel der lex mercatoria*. Stuttgart: Lucius & Lucius 2003.

6 Vgl. die Ausführungen in Luhmann, N., *Organisation und Entscheidung*. Opladen, 2000, S. 397 f. und Luhmann, N., *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1990. S. 356f.

gensatz zu herkömmlicher Technik sind wissensbasierte Technologien historisch ein Produkt der Ausdifferenzierung des Wissenschaftssystems. Erst die Verstärkung von erkenntnisorientierter Forschung liefert systematische Anhaltspunkte für die Lösung technischer Probleme im Wirtschaftsprozess. Forschungsergebnisse werden zahlungswirksam, wenn durch sie Produkte kostengünstiger hergestellt oder durch verbesserte Produkteigenschaften oder innovative Produkte neue Absatzmärkte geschaffen werden.

Wenn wissensbasierte Technologien Wissenschaft und Wirtschaft strukturell koppeln sind, dann stellt sich die Frage, woran sich das festmachen lässt. Hierzu lohnt sich eine Analyse von Patentschriften.<sup>7</sup> Zunächst einmal sind

Patente ja zeitlich befristete Monopole, deren primäre Funktion darin liegt, Anreize zur Kommerzialisierung neuer Erfindungen zu setzen und Anschluss-erfindungen zu ermöglichen. Zweitens sind Patente dazu geeignet, Erfindungstätigkeit zu quantifizieren. Sie werden daher in einschlägigen Berichtssystemen zur technologischen Leistungsfähigkeit als Indikatoren herangezogen.<sup>8</sup> Drittens aber, und das ist der springende Punkt hier, ist das System der erteilten Patente in hohem Maße selbstbezüglich. Patente werden ja nur erteilt, wenn die durch sie beschriebene Technologie einen deutlichen Fortschritt, weltweite Neuheit und gewerbliche Anwendbarkeit aufweist. In Patentverfahren wird daher geprüft, inwieweit Anmeldungen im Lichte bereits erteilter Patente über den Stand der Technik hinausreichen. Das Patentsystem erscheint auf den ersten Blick als selbstreferenzieller Kreislauf.

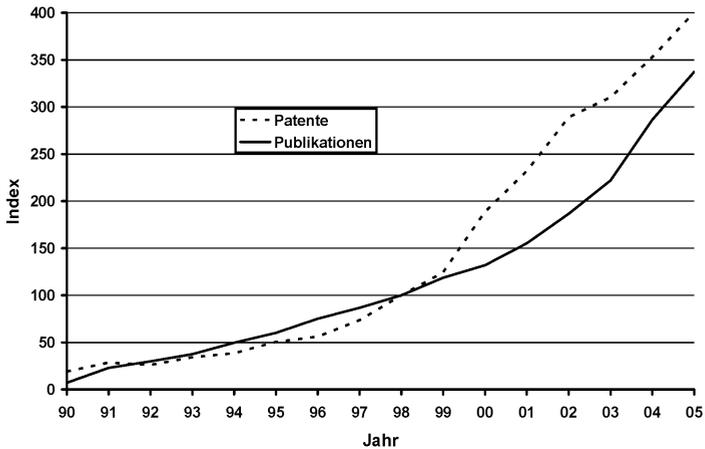
Im Fall der wissensbasierten Technologien lässt sich jedoch zeigen, dass die Selbstreferenzialität des Patentwesens vergleichsweise schwach ausgeprägt ist. Denn bei der Patentprüfung wird in erheblichem Umfang auf sogenannte Nichtpatentliteratur, zumeist wissenschaftliche Publikationen zurückgegriffen. Rückbezüge auf wissenschaftliches Wissen werden vorgenommen, weil ohne den Stand der Forschung nicht beurteilt werden kann, ob eine zum Patent angemeldete Erfindung die Prüfkriterien erfüllt. Wissenschaftszitate in Patentschriften sind somit ein Indikator dafür, dass sich technische Entwicklungen ohne Rückbezug auf wissenschaftliche Forschung nicht patentieren lassen. Der Stand der Technik bezieht sich direkt auf den Stand der Forschung.

7 Heinze, T., Wissensbasierte Technologien, Organisationen und Netzwerke. Eine Untersuchung der Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft. – In: Zeitschrift für Soziologie. 34(2005)1, S. 62 – 80; Heinze, T., Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft. Das Beispiel der Nanotechnologie. Frankfurt/New York: Campus Forschung 2006. S. 55 – 59.

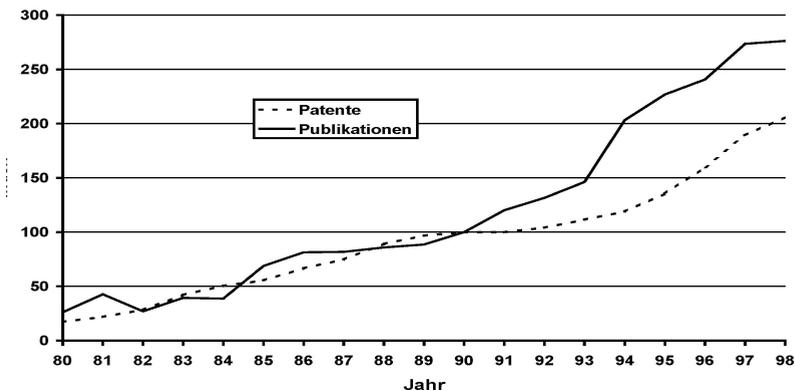
8 Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit. Hrsg. v. Expertenkommission Forschung und Innovation. Berlin 2008.

Die beiden Felder mit der gegenwärtig höchsten Wissenschaftsbindung sind die Bio- und Nanotechnologien. Für beide Felder wurden überdurchschnittlich hohe Anteile von Nichtpatentliteratur in den Patentschriften nachgewiesen.<sup>9</sup> Anschaulich lässt sich die Verflechtung von Forschung und Erfindungstätigkeit auch an einem weiteren Indikator an den folgenden Abbildungen demonstrieren. Sie zeigen einen für wissenschaftsbasierte Technologien typischen Befund, nämlich dass das starke Wachstum wissenschaftlicher Publikationen mit einem ebenfalls starken Wachstum bei den Patentanmeldungen einhergeht (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2).

Abbildung 1 *Publikationen und Patentanmeldungen in Nanotechnologien*

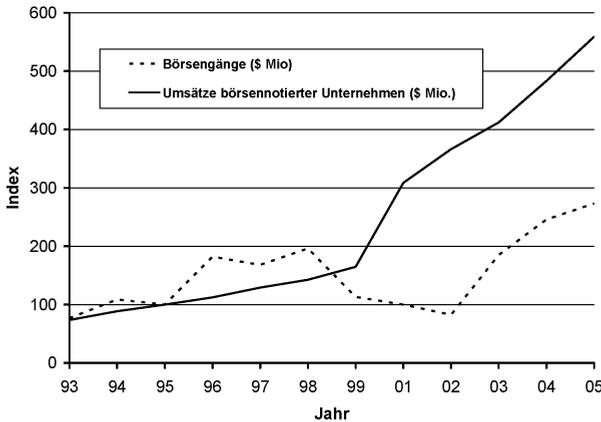


9 Heinze, T., Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft. Das Beispiel der Nanotechnologie. Frankfurt/New York: Campus Forschung 2006. S. 50 – 54.

Abbildung 2 *Publikationen und Patentanmeldungen in Biotechnologien*

Anhand von Patenten lässt sich auch der Zusammenhang von Forschung und Zahlungsströmen gut beschreiben. Bereits die mit dem Prüfverfahren und der Aufrechterhaltung von Patentansprüchen verbundenen Kosten deuten auf den Wert einer Erfindung. Von größerer Bedeutung ist jedoch, dass der ökonomische Wert von Patenten mit Umfang der zitierten Nichtpatentliteratur steigt. Neuere Patentanalysen zeigen: je stärker sich Erfindungen auf wissenschaftliche Forschung beziehen, also je wissensbasierter die Technologie, umso höher ist die Wertschöpfung aus dieser Technologie.<sup>10</sup> Dies ist der entscheidende Punkt: an Patenten lässt sich demonstrieren, dass Zahlungen mit wissenschaftlicher Forschung indirekt verknüpft sind. Anhand von Patenten kann man zeigen, dass wissensbasierte Technologien eine Grenzstruktur sind, die die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft vermittelt. Als empirisches Beispiel sind in der folgenden Abbildung die weltweiten Umsätze und Börsengänge von Biotechnologie-Unternehmen dargestellt. Es ist leicht erkennbar, dass die weiter oben dargestellte Dynamik aus Forschung und Erfindungstätigkeit bei der ökonomischen Wertschöpfung fortgeschrieben wird (siehe Abbildung 3).

10 Harhoff, D. / Scherer, F. / Vopel, K., Citations, family size, opposition and the value of patent rights. – In: Research Policy. 32(2003), S. 1343 – 1363.

Abbildung 3 *Umsätze und Börsengänge von Biotechnologie-Unternehmen*

Die Analyse von Patenten ist allerdings nur ein erster Schritt, um die Verknüpfung von Erkenntnisproduktion und Wertschöpfung zu erfassen. Auf der Ebene von Funktionssystemen bleibt die Analyse der Kopplung schemenhaft. Daher möchte ich im Folgenden erläutern, welche Rolle Organisationen und Netzwerke bei der Entwicklung wissensbasierter Technologien spielen.

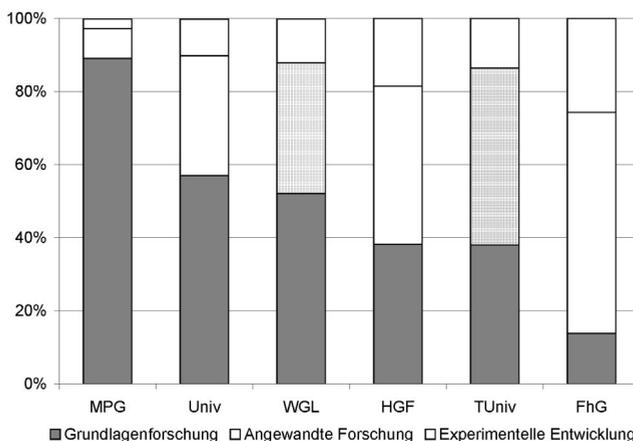
Schauen wir uns zunächst Organisationen an. In der neueren systemtheoretischen Diskussion hat sich die Auffassung durchgesetzt, dass Funktionssysteme und Organisationen lose gekoppelt sind. Organisationen beziehen sich in ihren Entscheidungen operativ auf mehrere Funktionssysteme.<sup>11</sup> Die multiplen Bezüge werfen die Frage auf, an welchem Funktionssystem Organisationen sich maßgeblich orientieren. Hierzu gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten. Im ersten Fall orientieren sich Organisationen ausschließlich an einem Funktionssystem, beispielsweise Gerichte oder Schulen. Im zweiten Fall beziehen sich Organi-

11 Kneer, G., Organisation und Gesellschaft. Zum ungeklärten Verhältnis von Organisations- und Funktionssystemen in Luhmanns Theorie sozialer Systeme. – In: Zeitschrift für Soziologie. 30(2001), S. 407– 428; Lieckweg, T. / Wehrsig, C., Zur komplementären Ausdifferenzierung von Organisationen und Funktionssystemen. Perspektiven einer Gesellschaftstheorie der Organisation. – In: Organisation und gesellschaftliche Differenzierung. Hrsg. v. V. Tacke. Opladen: Westdeutscher Verlag 2001, S. 39 – 60; Simsa, R., Gesellschaftliche Funktionen und Einflussformen von Nonprofit-Organisationen. Eine systemtheoretische Analyse. Frankfurt am Main: Peter Lang 2001; Tacke, V., Wirtschaftsorganisationen als Reflexionsproblem. Zum Verhältnis von neuem Institutionalismus und Systemtheorie. – In: Soziale Systeme. 5(1999), S. 55 – 81.

sationen primär auf ein Funktionssystem, bauen aber auch fremdsystemische Bezüge in ihre Entscheidungsprogramme ein.

Diese beiden Fälle lassen sich am Beispiel von Forschungseinrichtungen erläutern. In der folgenden Abbildung sind die Anteile der Grundlagenforschung und angewandten Forschung und Entwicklung an deutschen Forschungseinrichtungen dargestellt. Die mit Abstand stärkste Grundlagenorientierung weist die Max-Planck-Gesellschaft auf. Sie stellt den ersten Organisationstyp dar. Denn Grundlagenforschung ist Wissensproduktion mit dem Ziel der Erweiterung der Wissensbasis unabhängig von externen Anwendungsbezügen. Alle anderen Einrichtungen, auch die Universitäten, führen in nennenswertem Umfang angewandte Forschung durch. Sie sind zum zweiten Organisationstyp zu rechnen. Denn Anwendungsforschung ist die Suche nach Antworten auf außerwissenschaftlich mitdefinierte Fragestellungen. Angewandte Forschung entsteht im Wissenschaftssystem in Reaktion auf Leistungserwartungen seiner gesellschaftlichen Umwelt. Auf diese Weise wird die Systemumwelt mit Wissen versorgt und die Wissenschaft in die Gesellschaft integriert (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4 *Prozentuale Anteile von Grundlagenforschung, angewandter Forschung und experimenteller Entwicklung in Deutschland*



Auch Unternehmen lassen sich in dieser Weise charakterisieren. Die OECD hat bereits vor vielen Jahren eine Systematik entwickelt, mit der sich Märkte nach ihrer Forschungsintensität ordnen lassen.<sup>12</sup> Wenn Unternehmen mehr als fünf Pro-

zent ihrer Umsätze in Forschung und Entwicklung investieren, werden sie zu high-tech industries gerechnet, bei weniger als einem Prozent fallen Unternehmen in die Kategorie der low-tech industries. Unternehmen in high-tech industries berücksichtigen in systematischer Weise Forschungsergebnisse zur Entwicklung ihrer Güter und Dienstleistungen. Solche wissensbasierten Unternehmen orientieren sich somit nicht nur am Code zahlen / nicht-zahlen, sondern auch an wahrheitsfähiger Kommunikation. Sie sind daher dem zweiten Organisationstyp zuzurechnen. Bei Unternehmen in low-tech industries ist der Bezug zum Code wahr / nicht wahr dagegen praktisch nicht vorhanden. Sie sind zum ersten Organisationstyp zu zählen.

Was gewinnen wir, wenn wir Forschungsinstitute und Unternehmen mithilfe der beiden Organisationstypen beschreiben? Erstens wird deutlich, dass Forschungsinstitute nicht einfach Teile des Wissenschaftssystems und Unternehmen nicht Teile des Wirtschaftssystems sind. Diese Vorstellung ist in der Literatur recht verbreitet, insbesondere beim Ansatz der National Innovation Systems. Im Rahmen einer systemtheoretischen Analyse werden beide Systemebenen dagegen auseinandergelassen, aber gleichzeitig mithilfe des Konzepts der operativen Kopplung angemessen aufeinander bezogen.

Zweitens wird deutlich, dass Forschung und Wertschöpfung nicht in allen Organisationen gleichermaßen verknüpft sind. Organisationen des ersten Typs sind Träger der funktionalen Differenzierung. Demgegenüber sind Organisationen des zweiten Typs Träger der Integration funktional differenzierter Systeme. Hochtechnologie-Unternehmen und anwendungsorientierte Forschungseinrichtungen sind die institutionellen Träger wissensbasierter Technologiefelder.

Drittens ist die Zuordnung konkreter Organisationen zu einem der beiden Typen nicht statisch. So führt eine ganze Reihe von Max-Planck-Instituten mittlerweile in beträchtlichem Umfang anwendungsorientierte Forschung durch. Diese Institute repräsentieren somit den zweiten Organisationstyp. Im Zuge des institutionellen Wandels der staatlich finanzierten Forschung hat es eine Verschiebung zugunsten des zweiten Organisationstyps gegeben.<sup>15</sup> Dieser Wandel ist jedoch auf der Ebene einzelner Organisationen, aber auch ganzer Organisationsfelder reversibel.

Viertens können aus der Organisationstypologie direkt Hypothesen zu Beziehungen zwischen Organisationen abgeleitet und mit Mitteln der Netzwerkanalyse

12 Science, Technology and Industry Scoreboard 2001: Towards a Knowledge-Based Economy. Hrsg. v. OECD. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development 2001.

13 Heinze, T. / Arnold, N., Governanceregimes im Wandel. Eine Analyse des außeruniversitären, staatlich finanzierten Forschungssektors in Deutschland. – In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 60(2008), S. 686 – 722.

se überprüft werden. Schauen wir uns zwei Hypothesen an. Hypothese 1: Interaktionen zwischen anwendungsorientierten Forschungseinrichtungen und Hochtechnologie-Unternehmen (jeweils Typ 2) sind wahrscheinlicher als Interaktionen zwischen rein grundlagenorientierten Forschungseinrichtungen (Typ 1) und Unternehmen ohne Forschungskapazitäten (Typ 2). Hypothese 2: Organisationen zweiten Typs stehen im Zentrum wissensbasierter Technologiefelder, während Organisationen ersten Typs in der Peripherie zu finden sind.

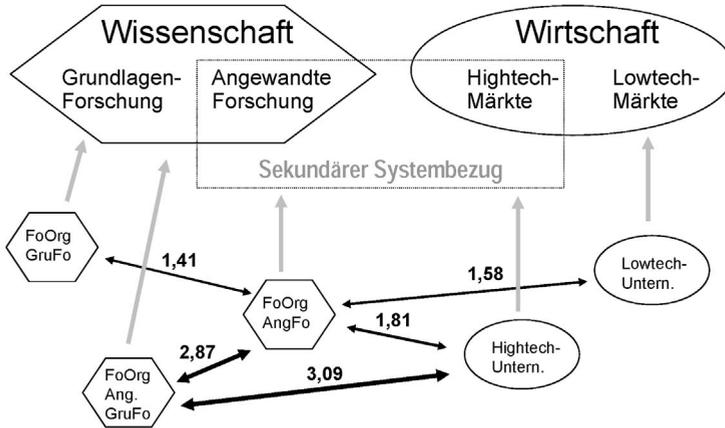
Zur Überprüfung der Hypothesen ziehe ich Daten zu allen in der Nanotechnologie aktiven Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Deutschland heran.<sup>14</sup> In Abbildung 4 sind die beiden Funktionssysteme einschließlich ihrer internen Differenzierung in Grundlagen- bzw. Anwendungsforschung sowie hoher und geringer Forschungsintensität auf Technologiemarkten dargestellt. Zu sehen sind zudem die Organisationstypen, die in ein Netzwerk von Interaktionen eingebettet sind. Dargestellt sind überwiegend Erfinder-Anmelder-Beziehungen, wobei die Pfeile die Beziehungsstärke angeben. Die Zahlen auf den Pfeilen sind Vielfache der durchschnittlichen Netzwerkdichte. Zu beachten ist, dass bei den Forschungseinrichtungen der zweite Organisationstyp aufgeteilt ist. Diese Darstellung berücksichtigt ein Argument von Stokes<sup>15</sup>, demzufolge der Kreuzungspunkt von Grundlagen- und Anwendungsforschung die anwendungsorientierte Grundlagenforschung ist.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Beziehungsdichte von forschungsintensiven Unternehmen und anwendungsorientierten Forschungsinstituten (jeweils Typ 2) um 1,81 bis 3,1 mal höher ist als die Dichte des gesamten Netzwerks. Die Beziehungsstärke zwischen grundlagenorientierten Instituten und forschungsschwachen Unternehmen liegt dagegen unter der Dichte des gesamten Netzwerks, also unter 1 und ist daher nicht dargestellt. Die erste Hypothese ist somit bestätigt (siehe Abbildung 5).

Zur Überprüfung von Hypothese 2 wurde das Patentnetzwerk mit einer Blockmodellanalyse in eine Zentrum-Peripherie-Struktur zerlegt. Tabelle 1 zeigt, dass die zentralsten Akteure zumeist Organisationen des zweiten Typs. Auch wenn man die starke Repräsentation des zweiten Organisationstyps im Untersuchungssample in Rechnung stellt, ist er dennoch überproportional im Zentrum des Netzwerks vertreten.

14 Heinze, T., Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft. Das Beispiel der Nanotechnologie. Frankfurt/New York: Campus Forschung 2006. S. 140–178.

15 Stokes, D. E., Pasteur's Quadrant. Basic Science and Technological Innovation. Washington D.C.: Brookings Institution Press 1997.

Abbildung 5 *Patentnetzwerk Nanotechnologie*

Was lernen wir aus den Ergebnissen der Netzwerkanalyse? Wir lernen, dass die für die Kopplung relevanten Netzwerkbeziehungen eine Struktur haben, die mit der funktionssystemischen Orientierung der beteiligten Organisationen zusammenhängt. Technologieentwicklung findet vor allem zwischen Hochtechnologie-Unternehmen und Instituten statt, die technologieorientiert forschen. Diese Organisationen stehen im Zentrum des Feldes, in dem wissensbasierte Technologien entwickelt werden. Unternehmen in forschungsintensiven Technologiemarkten sind nur dann erfolgreich, wenn sie Routinen zur Absorption externen Wissens institutionalisieren. Anwendungsorientierte Institute erhalten im Gegenzug Drittmittel für weitere Forschung, bleiben aber in die Kommunikations- und Reputationsstruktur der Wissenschaft integriert. Auf diese Weise wird Wissen aus öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen für die Technologie- und Güterproduktion mobilisiert.

Tabelle 1: Zentrum-Peripherie-Struktur im Patentnetzwerk

	1991 - 1995		1996 - 2000	
	Sample	Zentrum	Sample	Zentrum
Organisationstyp 1	30 (25%)	2 (22%)	57 (23%)	3 (15%)
Organisationstyp 2	69 (58%)	7 (78%)	134 (54%)	17 (85%)
Fehlende Werte	21 (17%)	-	60 (24%)	-
Anzahl	120	9	251	20

Damit habe ich die wesentlichen Punkte meiner Argumentation dargestellt. Zum Abschluss diskutiere ich noch drei Schlussfolgerungen. Erstens. Meine Netzwerkanalysen zeigen über die hier präsentierten Ergebnisse hinaus, dass Unternehmen von der Kooperation mit öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen ganz erheblich profitieren. Umgekehrt gibt es keine Belege für negative Begleiterscheinungen bei den Forschungsinstituten der Nanotechnologie. Solche negativen Folgeerscheinungen sind jedoch durchaus möglich. Einer Studie von Evans zur Biotechnologie ist beispielsweise zu entnehmen, dass Kooperationen mit der Industrie zu Angleichungseffekten zwischen Industrieforschung und akademischer Forschung führen. Ein Zuviel an industrieller Kooperation führt in der akademischen Forschung zu geringerer Originalität und Produktivität.<sup>16</sup> Wenn aber die Leistungsfähigkeit des öffentlich finanzierten Forschungssektors sinkt, dann nimmt auch die Kopplung Wissenschaft-Wirtschaft mittel- und langfristig Schaden. Daher sollten in Zukunft die Effekte von Industriekooperationen auf die Kreativität und Leistungsfähigkeit des öffentlichen Forschungssektors stärker beobachtet werden.

Zweitens. Netzwerkanalysen dominieren die gegenwärtige Organisationssoziologie und auch die Innovationsforschung. Dabei wird Netzwerken allgemein eine höhere Leistungsfähigkeit bescheinigt als Organisationen. Diese Interpretation hat mit der massiven Ausweitung kooperativer Zusammenarbeit über Organisationsgrenzen im Zuge des Open Innovation Paradigmas zu tun. Allerdings wird gegenwärtig kaum diskutiert, warum die Industrie einen großen Teil ihrer wis-

16 Evans, J. A., *Sharing the Harvest: The Uncertain Fruits of Public/Private Collaboration in Plant Biotechnology*. Doctoral Dissertation, Department of Sociology, University of Stanford 2004.

senschaftlich ausgesprochen erfolgreichen explorativen Forschung zurückgebaut hat. Dies betrifft beispielsweise die Bell Laboratorien oder die Labors von IBM. Was sind die Triebkräfte dieses institutionellen Wandels der industriellen Forschung und Entwicklung? Eine beachtliche Anzahl von Innovationen und Nobelpreisen stammten noch vor wenigen Jahrzehnten aus grundlagenorientierten Industrielabors und gerade nicht aus Open Innovation Networks! Die institutionellen Gründe des Niedergangs dieser Labore sind bislang wenig verstanden.

Drittens lässt sich aus meinen Daten für die Nanotechnologie schlussfolgern, dass die Ausweitung der Kooperation von Industrie und akademischer Forschung gar nicht stattfinden würde, wenn es nicht gleichzeitig immer mehr Forschungseinrichtungen des zweiten Organisationstyps gäbe. Meine Längsschnittdaten deuten auf genau diesen Trend. Es gibt immer weniger rein grundlagenorientierte Forschungsinstitute und immer mehr anwendungsorientierte Institute. Wenn das ein Breitenphänomen ist, dann sollte man eine forschungspolitische Diskussion darüber beginnen, ob es wünschenswert ist, dass der erste Organisationstyp zunehmend marginalisiert wird. Aus differenzierungstheoretischer Perspektive stellt sich dann die Frage, ob es noch genügend Trägereinrichtungen für die Grundlagenforschung gibt. Solche Einrichtungen sind für ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem notwendig. Wenn die Trägereinrichtungen der Systemintegration dominieren, dann ist man mitten in einer brisanten forschungspolitischen Diskussion. Für eine solche wissenschaftspolitische Diskussion ist es dabei von großem Nutzen, systemtheoretisch informierte Argumente zu verwenden. Die Systemtheorie Luhmanns hat großes Potenzial zur Analyse drängender Zukunftsfragen in der Wissenschaftspolitik. Gerade angesichts des gegenwärtigen Theoriedefizits in der Innovationsforschung sollte dieses Potenzial wieder stärker genutzt werden.

---

Gesellschaft für  
Wissenschaftsforschung



Heinrich Parthey,  
Günther Spur  
Rüdiger Wink (Hrsg.)

**Wissenschaft  
und  
Innovation**

Wissenschaftsforschung  
Jahrbuch 2009

**Sonderdruck**

Mit Beiträgen von:

*Ulrich Busch • Thomas Heinze*

*Heinrich Parthey • Günther Spur*

*Walther Umstätter • Rüdiger Wink*

Wissenschaftsforschung  
Jahrbuch **2009**

---

Bibliographische Informationen Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-86573-516-4

© 2010 Wissenschaftlicher Verlag Berlin  
Olaf Gaudig & Peter Veit GbR  
[www.wvberlin.de](http://www.wvberlin.de)  
Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung, auch einzelner Teile, ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Dies gilt insbesondere für fotomechanische Vervielfältigung, sowie Übernahme und Verarbeitung in EDV-Systemen.

Druck und Bindung: Schaltungsdienst Lange o.H.G.,  
Berlin

Printed in Germany  
32,00 €