

# **Was sind kreative Forschungsleistungen? Konzeptuelle Überlegungen sowie Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde<sup>1</sup>**

In der Wissenschaftsforschung fehlt bislang eine Heuristik, die kreative von anderen Forschungsleistungen abgrenzt. Ebenso existiert keine einschlägige Systematik für konkrete Ausprägungen kreativer Forschungsleistungen. Der vorliegende Aufsatz greift diese beiden Desiderata auf. Es wird argumentiert, dass wissenschaftliche Kreativität aus dem Spannungsverhältnis zwischen Originalität und wissenschaftlicher Relevanz hervorgeht. Auf der Basis dieser Überlegung wird eine Heuristik eingeführt, mit der sich kreative von anderen Forschungsleistungen abgrenzen lassen. Weiterhin wird gezeigt, dass neben theoretischen Neuerungen auch neue Methoden, die Entdeckung empirischer Phänomene und die Entwicklung neuer Forschungsinstrumente eigenständige kreative Forschungsleistungen sind. Zur Illustration werden Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde diskutiert.

## *Einleitung*

Der vorliegende Aufsatz diskutiert die Frage, was unter wissenschaftlicher Kreativität zu verstehen ist. Es existieren bislang nur wenige soziologische Beiträge zu Kreativität in der Forschung. Daher ist auch nicht klar herausgearbeitet worden, was das Besondere von kreativen Forschungsleistungen ist und wie sie sich von anderen Forschungsbeiträgen unterscheiden. Zudem werden intellektuelle Neuerungen üblicherweise mit theoretischen Fortschritten gleichgesetzt, während empirische Entdeckungen, die Entwicklung neuer Methoden oder die Konstruktion von Forschungsinstrumenten nur wenig Aufmerksamkeit erhalten. Es existieren daher zwei Desiderata. Erstens fehlt eine Heuristik, die kreative von anderen For-

1    Erscheint auch im Heft 3 der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie des Jahrgangs 2012.

schungsleistungen abgrenzt. Zweitens fehlt eine Typologie, die konkrete Ausprägungen kreativer Forschungsleistungen erfasst.

Diese beiden Desiderata greift der Aufsatz auf. In Anlehnung an eine allgemeine Definition von Kreativität wird in einem ersten Schritt argumentiert, dass kreative Forschungsleistungen vorliegen, wenn Ideen und Artefakte von Fachkollegen sowohl für wissenschaftlich wertvoll und plausibel (= wissenschaftliche Relevanz) sowie für neuartig und überraschend (= Originalität) befunden werden (Abschnitt 1). Die Kombination von wissenschaftlicher Relevanz und Originalität in Form eines Koordinatensystems macht es möglich, kreative von anderen Forschungsleistungen abzugrenzen. Anhand von wissenschaftshistorischen Beispielen und mithilfe bibliometrischer Studien werden die Quadranten dieses Koordinatensystems näher beschrieben (Abschnitt 2). In einem weiteren Schritt wird gezeigt, dass kreative Forschungsleistungen nicht einfach deckungsgleich mit der Formulierung neuer oder der Verbesserung bestehender Theorien sind. In Anlehnung an neuere Arbeiten zur Rolle des Experiments wird argumentiert, dass neue Methoden, die Entdeckung neuer empirischer Phänomene und die Entwicklung neuer Forschungsinstrumente eigenständige Kategorien von Forschungsleistungen darstellen (Abschnitt 3). Abschließend wird diskutiert, welche Anknüpfungspunkte der vorliegende Aufsatz für zukünftige Forschung bietet.

### *1. Was ist Kreativität im Wissenschaftssystem*

In der einschlägigen Literatur wird Kreativität allgemein durch die beiden Merkmale Neuheit und Relevanz definiert.<sup>2</sup> Ideen und Artefakte gelten als kreativ, wenn sie sowohl neuartig und überraschend, zugleich aber auch nützlich und für eine soziale Praxis relevant sind. Allerdings handelt es sich bei Kreativität nicht um eine inhärente Eigenschaft von Dingen, denn dies würde heißen, dass sie objektiv feststehen und nur noch entdeckt werden müsste. Dies ist aber nicht der Fall. Vielmehr wird Kreativität im Rahmen eines Bewertungsprozesses sozial konstruiert.<sup>3</sup> Weiterhin wird in der Literatur die Position vertreten, dass Kreativität nur innerhalb sozialer Systeme beobachtet werden kann. Kreativität lässt sich demnach nur innerhalb der Kunst (zum Beispiel Musik, Literatur) und nur in-

2 Fleming, Lee / Mingo, Santiago / Chen, David, Collaborative Brokerage, Generative Creativity, and Creative Success. – In: *Administrative Science Quarterly*. 52(2007), S. 443–475 hier S. 466; Sternberg, Robert J., *Wisdom, Intelligence, and Creativity Synthesized*. Cambridge: Cambridge University Press 2003, S. 89; Boden, Margaret A., *Computer Models of Creativity*. – In: *Handbook of Creativity*. Hrsg. v. Robert J. Sternberg. Cambridge: Cambridge University Press 1999, S. 351–372.)

nerhalb der Wissenschaft (zum Beispiel Physik, Chemie) beobachten und bewerten. Soziale Systeme übergreifende Kreativität gibt es demnach nicht.<sup>4</sup>

Der allgemeine Kreativitätsbegriff bedarf einer Konkretisierung für das System Wissenschaft. Hierfür bieten sich Überlegungen Luhmanns an.<sup>5</sup> Ihm zufolge zählt zu den Voraussetzungen für die Herstellung neuen Wissens, dass Publikationen unter Verwendung des Symbolcodes wahr/ nicht-wahr an frühere Publikationen anschließen und gleichzeitig darauf angelegt sind, von anderen weiterverwendet zu werden. Luhmann erfasst diese doppelte Verknüpfung von Publikationen mit dem Begriff der Anschlussfähigkeit. Mit Anschlussfähigkeit ist zum einen gemeint, dass Publikationen mit dem bestehenden Wissen verknüpft und somit in einen intellektuellen Relevanzhorizont gestellt werden. Das Kriterium der Relevanz in der allgemeinen Kreativitätsdefinition kann somit als wissenschaftliche Relevanz spezifiziert werden. Mit Anschlussfähigkeit ist zum anderen gemeint, dass durch neuartige und überraschende Forschungsergebnisse Möglichkeiten für viele Wissenschaftler geschaffen werden, in neue Gebiete vorzudringen und damit den kollektiven Wissensbestand zu erweitern. Das Kriterium der Neuheit in der allgemeinen Kreativitätsdefinition kann damit als Originalität spezifiziert werden.

Polanyi zufolge werden bei der Beurteilung der wissenschaftlichen Relevanz von Publikationen zwei Teilkriterien herangezogen: plausibility und scientific value.<sup>6</sup> Beide Teilkriterien sind im Verfahren des Peer Review formal institutionalisiert.<sup>7</sup> Im Zuge des Peer Review-Verfahrens wird jedoch auch überprüft, ob es sich um einen originellen Beitrag handelt. Bei der Beurteilung der Originalität wird nach Polanyi vor allem ein Kriterium herangezogen: surprise.<sup>8</sup> Beiträge, die zu unerwarteten und damit überraschenden Ergebnissen gelangen, werden in der Regel als originell eingestuft.

- 3 Csikszentmihalyi, Mihaly, Implications of a Systems Perspective for the Study of Creativity. – In: Handbook of Creativity. Hrsg. v. Robert J. Sternberg. Cambridge: Cambridge University Press 1999. S. 313-335; Westmeyer, Hans, Kreativität: Eine relationale Sichtweise. – In: Perspektiven der Intelligenzforschung. Hrsg. v. E. Stern / J. Guthe. Berlin: Pabst Science Publishers 2001. S. 233-249.
- 4 Simonton, Dean Keith, Origins of Genius: Darwinian Perspectives on Creativity. New York: Oxford University Press 1999; Simonton, Dean Keith, Creativity in Science. Change, Logic, Genius, and Zeitgeist. Cambridge: Cambridge University Press 2004; Westmeyer, Hans, Kreativität als relationales Konstrukt. – In: Sozialpsychologie der Kreativität und Innovation. Hrsg. v. E. H. Witte / C.H. Cahl. Lengerich: Pabst Science Publishers 2009. S. 11-26.
- 5 Luhmann, Niklas, Die Wissenschaft der Gesellschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1992
- 6 Polanyi, Michael, Knowing And Being. With an Introduction by Marjorie Grene. Chicago: Chicago University Press 1969. S. 53 - 55.

Polanyi weist weiterhin darauf hin, dass zwischen wissenschaftlicher Relevanz und Originalität ein fundamentales Spannungsverhältnis besteht. Denn während von einer Publikation erwartet wird, an bisheriges Wissen anzuschließen, wird von ihr gleichzeitig erwartet, über das bisherige Wissen hinauszugehen. Die Spannung zwischen wissenschaftlicher Relevanz und Originalität durchzieht Polanyi zufolge das ganze Institutionengefüge der wissenschaftlichen Forschung: "Both the criteria of plausibility and scientific value tend to enforce conformity, while the value attached to originality encourages dissent. This internal tension is essential in guiding and motivating scientific work. The professional standards of science must impose a framework of discipline and at the same time encourage rebellion against it."<sup>9</sup> .

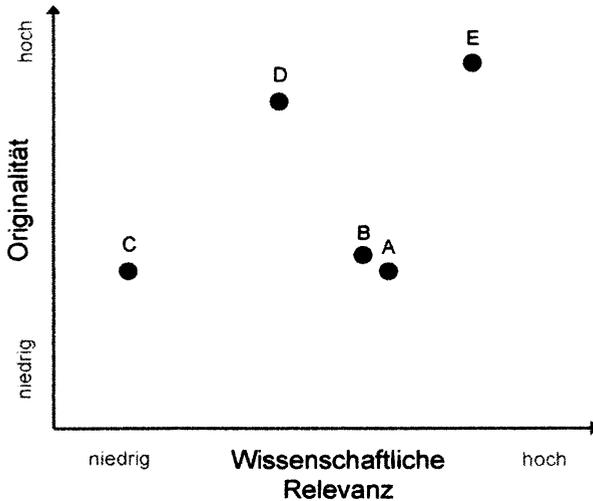
## 2. Was unterscheidet kreative von anderen Forschungsleistungen?

Wissenschaftliche Relevanz und Originalität können als Variablen mit verschiedenen Ausprägungsgraden aufgefasst werden. Manche Beiträge werden von den Fachkollegen als absolut einschlägig, andere dagegen als eher abseitig wahrgenommen. Manche Beiträge gelten als besonders, andere dagegen nur als mäßig originell. Folgt man dieser Überlegung, dann lässt sich ein Koordinatensystem aufspannen, in dem wissenschaftliche Publikationen nach dem Grad ihrer wissenschaftlichen Relevanz und nach dem Grad ihrer Originalität lokalisiert werden können (Abb.1) Es ist offensichtlich, dass Publikationen an ganz verschiedenen Orten in diesem Koordinatensystem stehen können. Manche Beiträge liegen nahe beieinander (A und B), andere dagegen weit auseinander (A, C, D und E).

Die Lokalisierung wissenschaftlicher Beiträge im dem von wissenschaftlicher Relevanz und Originalität aufgespannten Koordinatensystem wirft die Frage auf, was beispielsweise A und B gemeinsam haben und was demgegenüber A, C, D und E voneinander unterscheidet. Zur Beantwortung dieser Frage erscheint es

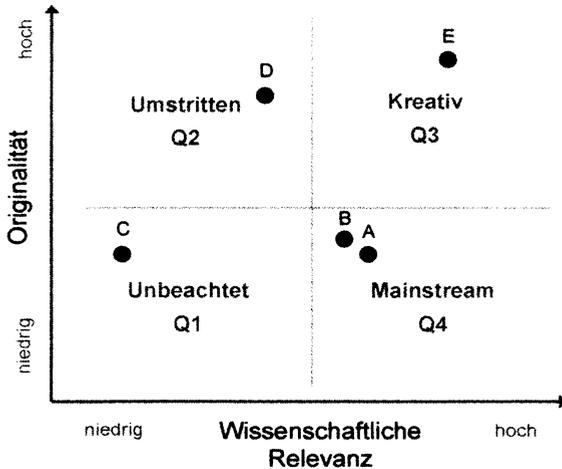
- 7 Bornmann, Lutz / Daniel, Hans-Dieter, The manuscript reviewing process: Empirical research on review requests, review sequences, and decision rules in peer review. – In: Library and Information Science Research. 32(2010), S. 5-12; Cicchetti, Domenic V., The reliability of peer review for manuscript and grant submissions. A cross-disciplinary investigation. – In: Behavioral and Brain Sciences. 14(1991), S. 119-186; Merton, Robert K. / Zuckerman, Harriet, Institutionalized Patterns of Evaluation in Science. In The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations. Edited and with an Introduction by Norman W. Storer. Hrsg. v. Robert K. Merton / Harriet Zuckerman. Glencoe: Free Press 1973. S. 460-496.
- 8 Polanyi, Michael, Knowing And Being. With an Introduction by Marjorie Grene. A.a.O. S. 55.
- 9 Ebenda.

Abbildung 1: Wissenschaftliche Relevanz und Originalität



sinnvoll, das Koordinatensystem in vier Quadranten zu unterteilen (Abb. 2). Mithilfe dieser vier Quadranten ist es möglich, Publikationen qualitativ voneinander abzugrenzen und damit das Besondere an kreativen Forschungsleistungen herauszuarbeiten. Links unten beginnend (Q1) finden wir Beiträge, die weder originell noch einschlägig sind. Es handelt sich hier um publizierte, aber um nicht weiter beachtete Beiträge. Links oben (Q2) finden wir Beiträge, die originelle Ideen formulieren, aber von Fachkollegen nicht weiterverwendet werden. Im Gegensatz zu Q1 werden Beiträge in Q2 aber nicht einfach ignoriert, sondern sie stoßen auf aktiven Widerspruch. Rechts unten (Q4) finden wir dagegen Beiträge von geringer Originalität, die sich aber hoher Akzeptanz bei Fachkollegen erfreuen können, weil sie sich problemlos in vorhandene Theorien und Methoden einfügen. Rechts oben (Q3) finden wir schließlich originelle Ideen, denen zugleich ein hohes Maß an Einschlägigkeit attestiert wird. Kreative Beiträge eröffnen einen neuen Horizont von Fragen und Themen. Ihnen gelingt der Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Relevanz und Originalität, der über die bloße Erweiterung des Fachwissens hinaus zu einer intellektuellen Erneuerung führt.

Abbildung 2: Vier Kategorien von Forschungsleistungen



### 2.1. Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte

Es ist nun eine berechnete Frage, ob sich wissenschaftshistorische Beispiele für die vier Quadranten finden lassen. Als eher schwierig stellt sich die Suche nach einem Beispiel für Q4 dar, und zwar deshalb, weil Beiträge des wissenschaftlichen Mainstreams bislang kaum näher untersucht wurden und wenn, dann zumeist als Kollektivkategorie. Kuhns Normalwissenschaft<sup>10</sup> ist eine solche Kollektivkategorie, die sich aufgrund ihrer Ubiquität nur schwer an ausgewählten Beispielen festmachen lässt. Normalwissenschaft ist darüber hinaus auch nicht deckungsgleich mit Q4 (vgl. Diskussion zum Abschluss). Für alle anderen drei Quadranten lassen sich dagegen problemlos Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte finden.

Zunächst ein Beispiel für Q1. Polanyi berichtet von einer Veröffentlichung eines bekannten Mitglieds der Royal Society. In dieser 1947 erschienenen Publikation wird behauptet, dass Wasserstoffatome, die auf einen Metalldraht geschossen

10 Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press 1962. 2nd enlarged Edition 1970.

werden, eine Energieladung in Höhe von mehreren hundert Elektronenvolt in den Draht abgeben. "This, if true, would have been far more revolutionary than the discovery of atomic fission by Otto Hahn. Yet, when I asked physicists what they thought about it, they only shrugged their shoulders. They could not find fault with the experiment yet not one believed in its results, nor thought it worth while to repeat it. They just ignored it" <sup>11</sup> Das Beispiel zeigt, dass die Arbeit nicht für anschlussfähig gehalten wird, daher wird sie schlichtweg ignoriert. Die Fachkollegen widersprechen dem Autor nicht, sie üben auch keinen aktiven Widerstand gegen die von ihm aufgestellten Behauptungen aus, sondern sie gehen einfach kommentarlos über seine Publikation hinweg.

Ein Beispiel für Q2. Anfang der 1980er Jahre entwickeln die beiden Physiker Gerd Binnig und Heinrich Rohrer das Rastertunnelmikroskop (STM), mit dem sie experimentelle Ergebnisse erzielen, an denen führende Fachkollegen erheblich zweifeln. Das STM basiert auf einer Spitze aus Wolfram oder Platin-Iridium, die zeilenweise über eine Oberfläche gefahren wird und dadurch Abbildungen derselben in atomskalierter Auflösung ermöglicht. Auf Widerstand stößt Binnigs und Rohrers Aussage, dass die Distanz zwischen Spitze und Oberfläche auf ein Atom reduziert werden könne.<sup>12</sup> Der Quantenmechanik zufolge ist eine Auflösung in der Größe eines Atoms aufgrund des Heisenberg'schen Unschärfepinzips nicht möglich.<sup>13</sup> Neben diesem theoretischen Widerspruch erregt das STM aber auch auf Widerstand im wissenschaftlichen Establishment, weil es die bereits getätigten Investitionen in vorhandene Mikroskope schlagartig zu entwerten droht und anfänglich auch keine zuverlässlichen Ergebnisse produziert. Zwar ist unstrittig, dass es sich um ein neuartiges Forschungsinstrument handelt. Strittig ist dagegen, welchen wissenschaftlichen Wert es für die weitere Arbeit der Fachkollegen hat.

Schließlich ein Beispiel für Q3. Anfang des 20. Jahrhunderts stellt der französische Mathematiker Poincaré das sogenannte Poincaré-Theorem auf, das langezeit zu den großen Rätseln der Mathematik gehörte, weil es nicht formal bewiesen werden konnte. Erst etwa einhundert Jahre später gelingt dem russischen Mathematiker Perelman der Beweis.<sup>14</sup> Für seine bahnbrechende Arbeit wurden Perelman die Fields-Medaille (2006) verliehen, die höchste akademische

11 Polanyi, Michael, *Knowing And Being*. With an Introduction by Marjorie Grene. A.a.O. S. 53f.

12 Binnig, Gerd / Rohrer, Heinrich, *Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy*. - In: *Physical Review Letters*. 49(1982), S. 57.

13 Hessenbruch, Arne, *Nanotechnology and the Negotiation of Novelty*. - In: *Discovering the Nanoscale*. Hrsg. v. Davis Baird / Alfred Nordmann / Joachim Schummer. Amsterdam: IOS Press 2004. S. 135-144.

14 <http://www.claymath.org/poincare/>. letzter Zugriff: 3. April 2012

Auszeichnung in der Mathematik sowie der erste Millenium Prize (2010) des Clay Mathematics Institute. In der Laudatio für den Millenium Prize werden sowohl der hohe wissenschaftliche Wert, aber auch die hohe Originalität hervorgehoben, durch die sich Perelmans Lösung auszeichnet: „First, (...) it solves an outstanding, century-old problem: a problem that has done much to drive the development of topology from its inception. Second, the work is, to the highest degree, original and profound. (...) Perelman developed a host of extremely subtle and novel arguments: blending partial differential equations, differential geometry and the theory of convergence of spaces. The whole edifice he created in his proof is something unmatched, in its scope and depth, in this general area of mathematics.”<sup>15</sup>

## 2.2. Wie häufig treten kreative Forschungsleistungen auf?

Die Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte dienen zur Illustration des Quadrantenmodells (Abb. 2). Damit ist jedoch noch nicht die Frage beantwortet, wie häufig kreative Forschungsleistungen tatsächlich auftreten. Auf der Basis bibliometrischer Studien lässt sich schätzen, wie häufig Beiträge in die vier Quadranten fallen. Es sei an dieser Stelle aber darauf hingewiesen, dass bibliometrische Studien zwar Anhaltspunkte zur quantitativen Bedeutung der vier Quadranten liefern, aber keine präzisen Messungen darstellen (Abb. 3).

Im Mittelpunkt bibliometrischer Studien steht die Auswertung von Publikations- und Zitationsdaten mit statistischen Methoden.<sup>16</sup> Zitationen sind von besonderem Interesse, weil sie sich als Indikator für die Anschlussfähigkeit von Publikationen eignen.<sup>17</sup> Hierbei sind zwei Einschränkungen zu machen. Erstens werden bestimmte Arbeitsbeiträge systematisch nicht zitiert. So werden in der Biologie einzelne klassifikatorische Forschungsbeiträge zur geographischen Verteilung von Tier- und Pflanzenarten zwar in große biogeographische Datenbanken aufgenommen, es erfolgt aber dann in der Regel nur noch eine Zitation der Datenbank und nicht mehr der einzelnen Autoren.<sup>18</sup> Zweitens stimmen Zitationsmaße nicht durchweg mit anderen Beurteilungen der Anschlussfähigkeit, etwa Begutachtungen oder Wissenschaftspreisen, überein. Daher wird in der Literatur

15 <http://www.claymath.org/poincare/are/laudations.html#donaaldsonletzter> Zugriff: 3. April 2012

16 Van Raan, Anthony F.J., *Sleeping beauties in science*. – In: *Scientometrics*. 59(2004), S. 467-472; Moed, Henk F., *Citation Analysis in Research Evaluation*. Dordrecht: Springer 2005.

17 White, Howard D., *Reward, persuasion, and the Sokal hoax: A study in citation identities*. – In: *Scientometrics*. 60(2004), S. 93-120.; Zuckerman, Harriet, *Citation analysis and the complex problem of intellectual influence*. – In: *Scientometrics* 12(1987), S. 329-338.

immer wieder eine Kombination verschiedener Indikatoren zur Bewertung der Qualität von publizierten Arbeiten gefordert.<sup>19</sup>

Im Sinne des Quadrantenmodells (Abb. 2) lässt sich der Stellenwert nicht-beachteter Publikationen (Q1) anhand von nicht-zitierter Literatur erfassen. In jüngerer Zeit wurden zahlreiche Studien veröffentlicht, die den Anteil der non-cited literature (NCL) am gesamten Publikationsaufkommen des Web of Science (SCI, SSCI, AHCI) messen. Studien mit langem Zeithorizont, also mit einem sich über zehn oder zwanzig Jahre erstreckenden Zitationsfenster, ermitteln mit großer Übereinstimmung einen NCL-Anteil von etwa zwanzig Prozent.<sup>20</sup> Das heißt, dass ein Fünftel aller publizierten Beiträge langfristig ohne Beachtung bleibt.

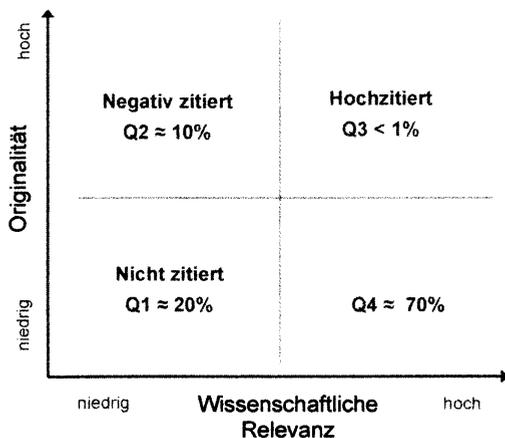
Um den Anteil umstrittener Beiträge (Q2) zu schätzen, können negative Zitationen herangezogen werden, das heißt Referenzen, die explizit Inhalte der zitierten Quelle ablehnen. Im Gegensatz zu Q1 liegen nur empirische Schätzungen zu solchen negativen Zitationen vor. Shadish und andere<sup>21</sup> ermitteln einen Anteil von etwa 9 Prozent und Moed<sup>22</sup> geht von einer Größenordnung von etwa 10 Prozent negativer Zitationen aus.

Um den Anteil kreativer Beiträge (Q3) zu schätzen, können besonders häufig zitierte Publikationen herangezogen werden. Als häufig zitiert gelten Publikationen, die überdurchschnittlich oft zitiert werden, beispielsweise zehnmal oder zwanzigmal häufiger als der Zitationsmittelwert. Die verfügbaren bibliometrischen Studien deuten darauf hin, dass der Anteil der hochzitierten Literatur deut-

- 18 MacRoberts, M.H. / MacRoberts, B.R., Problems of citation analysis. – In: *Scientometrics*. 36(1996), S. 435-444; MacRoberts, M.H. / MacRoberts, B.R., Problems of Citation Analysis: A Study of Uncited and Seldom-Cited Influences. – In: *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 61(2009), S. 1-12.
- 19 Heinze, Thomas / Bauer, Gerrit, Characterizing Creative Scientists in Nano S&T: Productivity, Multidisciplinarity, and Network Brokerage in a Longitudinal Perspective. – In: *Scientometrics*. 70(2007), S. 811-830; Moed, Henk F., Citation Analysis in Research Evaluation. A.a.O. S. 239-245.
- 20 Van Dalen, Hendrik P. / Henkens, Kène, Demographers and Their Journals: Who Remains Uncited After Ten Years? – In: *Population and Development Review*. 30(2004), S. 489-506; Glänzel, Wolfgang / Schlemmer, Balázs / Thijs, Bart, Better late than never? On the chance to become highly cited only beyond the standard bibliometric time horizon. – In: *Scientometrics*. 58(2003), S. 571-586; Sengupta, I.N. / Henzler, R.G., Citedness and uncitedness of cancer articles. – In: *Scientometrics*. 22(1991), S. 283-296; Stern, Richard E., Uncitedness in the Biomedical Literature. – In: *American Society for Information Science Journal*. 41(1990), S. 193-196.
- 21 Shadish, William R. / Tolliver, Donna / Gray, Maria / Sen Gupta, Sunil K., Author Judgements about Works They Cite: Three Studies from Psychology Journals. – In: *Social Studies of Science*. 25(1995), S. 477-499.
- 22 Moed, Henk F., *Citation Analysis in Research Evaluation*. Dordrecht: Springer 2005.

lich unter einem Prozent liegt.<sup>23</sup> Allerdings dürfte selbst dieser geringe Wert den wahren Anteil von Q3 eher überschätzen. Denn obwohl kreative Leistungen häufig zitiert werden, gilt der Umkehrschluss nicht: hohe Zitatkennziffern indizieren nicht zuverlässig, dass es sich um bahnbrechende Beiträge handelt. Moed<sup>24</sup> berichtet beispielsweise von einem anfänglich hochzitierten Papier, dessen Ergebnisse jedoch nicht repliziert werden konnten, so dass es nach einigen Jahren wieder in Vergessenheit geriet.

Abbildung 3: Quantifizierung der vier Forschungsleistungen



Der Anteil der Mainstream-Beiträge wurde von bibliometrischen Studien bislang nicht ermittelt. Es gibt hier, wie bereits bei den Beispielen, eine Leerstelle in der Wissenschaftssoziologie. Allerdings lässt sich Q4 auf der Basis der genannten Studien näherungsweise ermitteln. Unter der Annahme, dass Publikationen zu je-

23 Aksnes, Dag W., Characteristics of highly cited papers. – In: *Research Evaluation*. 12(2003), S. 159-170; Glänzel, Wolfgang / Rinia, E.J. / Brocken, M.G.M., A bibliometric study of highly cited European physics papers in the 80s. – In: *Research Evaluation*. 5(1995), S. 113-122.; Glänzel, Wolfgang / Czerwon, H.-J., What are highly cited publications? A method applied to German scientific papers, 1980-1989. – In: *Research Evaluation*. 2(1992), S. 135-141.

24 Moed, Henk F., *Citation Analysis in Research Evaluation*. A.a.O., S. 83.

dem Zeitpunkt in einen der vier Quadranten fallen, lässt sich Q4 aus der Subtraktion der Anteilswerte der drei anderen Quadranten von 100 Prozent bestimmen. Der Anteil der Mainstream-Beiträge dürfte demnach bei etwa 70 Prozent liegen.

### 2.3. Welche Beziehungen bestehen zwischen den vier Quadranten?

Soziale Zuschreibungen, wie die Bewertung von Forschungsleistungen anhand der beiden Kriterien wissenschaftliche Relevanz und Originalität können sich wandeln. Ein anfänglich unbeachtet gebliebener Beitrag kann sich als bahnbrechend entpuppen. Ebenso kann ein zunächst umstrittener Beitrag im Laufe der Zeit schließlich Anerkennung finden.

Verschiebungen von Q1 nach Q3 treten sehr selten auf, weil in einem solchen Fall die Bewertung beider Kriterien einer Revision unterzogen wird. Solche seltenen Fälle werden in der Literatur als *premature discoveries*<sup>25</sup> oder als *delayed recognition*<sup>26</sup> bezeichnet. Eine bibliometrische Schätzung des Übergangs von Q1 nach Q3 haben Glänzel und andere<sup>27</sup> und van Raan<sup>28</sup> vorgelegt. Beide Studien kommen zu dem Ergebnis, dass ein solcher Übergang bei weniger als einer von zehntausend Publikationen auftritt. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, dass eine Publikation aus einem jahrelangen Dornröschenschlaf aufgeweckt und schlagartig berühmt wird. Van Raan (2004) berichtet allerdings von einem Fall, bei dem ein Aufsatz zehn Jahre überhaupt keine Aufmerksamkeit erhielt, bis er plötzlich und auf Anhieb durchschnittlich 15 Mal pro Jahr zitiert wurde.<sup>29</sup>

- 25 Stent, Gunther S., Prematurity and Uniqueness in Scientific Discovery. – In: *Scientific American*. 227(1972), S. 84-93; Stent, Gunther S., Prematurity of Scientific Discovery. – In: *Prematurity in Scientific Discovery. On Resistance and Neglect*. Hrsg. v. Ernest Hook. Berkeley: University of California Press 2002. S. 22-33.
- 26 Cole, S., Professional standing and the reception of scientific papers. – In: *American Journal of Sociology*. 76(1970), S. 286-306; Garfield, Eugen, Premature Discovery of Delayed Recognition - Why? – In: *Current Contents*. (1980), S. 488-493; Garfield, Eugen, Delayed Recognition in Scientific Discovery: Citation Frequency Analysis Aids the Search for Case Histories. – In: *Current Contents*. (1989a), S. 154-160; Garfield, Eugen, More Delayed Recognition. Part 1. Examples from the Genetics of Color Blindness, the Entropy of Short-term Memory, Phosphoinositides, and Polymer Rheology. – In: *Current Contents*. (1989b), S. 264-269; Garfield, Eugen, More Delayed Recognition. Part 2. From Inhibin to Scanning Electron Microscopy. – In: *Current Contents*. (1990), S. 68-74.
- 27 Glänzel, Wolfgang / Schlemmer, Balázs / Thijs, Bart, Better late than never? On the chance to become highly cited only beyond the standard bibliometric time horizon. – In: *Scientometrics*. 58(2003), S. 571-586.
- 28 Van Raan, Anthony F.J., Sleeping beauties in science. – In: *Scientometrics*. 59(2004), S. 467-472.

Häufiger scheinen dagegen Übergänge von Q2 nach Q3 zu sein: anfänglich umstrittene Arbeiten erhalten nach einer gewissen, manchmal auch sehr langen Zeit, eine hohe wissenschaftliche Anerkennung. Zwar gibt es für Übergänge dieser Art keine bibliometrischen Schätzungen. Die Tatsache aber, dass es eine ganze Reihe von Nobelpreis gekrönten Arbeiten gibt, die anfänglich umstritten waren, deutet auf eine gewisse Verbreitung solcher Übergänge hin.<sup>30</sup> Hierzu zählt auch der bereits erwähnte Fall des Rastertunnelmikroskops. Während das STM zunächst aus technischen Gründen umstritten war, bezieht sich das Nobekommittee bei der Preisvergabe an Binnig und Rohrer explizit auf die technische Leistungsfähigkeit des STM, was ein Hinweis auf die Neubewertung des wissenschaftlichen Wertes ist: „Binnig's and Rohrer's great achievement is that, starting from earlier work and ideas, they have succeeded in mastering the enormous experimental difficulties involved in building an instrument of the precision and stability required.“<sup>31</sup> Zugleich verweist Hessenbruch darauf, dass sich die quantentheoretischen Vorbehalte gegen STM als unbegründet herausstellten, was ein Hinweis auf die Neubewertung der Plausibilität ist: „Nowadays STM users will learn that the uncertainty principle does not apply for the case of atoms embedded in a solid and that the examples used to explain the uncertainty principle apply only to free atoms.“<sup>32</sup>

Besonders häufig scheint der Übergang von Q3 nach Q4 zu sein. Nach einem Forschungsdurchbruch erfolgt in der Regel ein Ansturm auf das neue Themengebiet. Rabinow berichtet beispielsweise von einem solchen Ansturm im Anschluss an die Entwicklung der Polymerase Kettenreaktion (PCR), für die Kary Mullis den Chemie-Nobelpreis 1993 erhielt. PCR ist eine Methode, mit der sich kleine Mengen von DNA selbst kopieren und damit spezifische Gene in großen Mengen herstellen lassen.<sup>33</sup> Rabinow schreibt: „Thousands of scientists and technicians around the globe began using PCR, multiplying the modifications and

29 Ebenda

30 Campanario, Juan Miguel / Acedo, Erika, Rejecting highly cited papers: the views of scientists who encounter resistance to their discoveries from other scientists. – In: *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 58(2007), S. 734-743; Campanario, Juan Miguel, Have referees rejected some of the most-cited papers of all times? – In: *Journal of the American Society for Information Sciences*. 47(1996), S. 302-310; Campanario, Juan Miguel, Rejecting and resisting Nobel class discoveries: accounts by Nobel Laureates. – In: *Scientometrics*. 81(2009), S. 549-565.

31 [http://nobelprize.org/nobel\\_prize/physics/laureate/1986/press.html](http://nobelprize.org/nobel_prize/physics/laureate/1986/press.html) letzter Zugriff: 3. April 2012

32 Hessenbruch, Arne, Nanotechnology and the Negotiation of Novelty. – In: *Discovering the Nanoscale*. Hrsg. v. Davis Baird / Alfred Nordmann / Joachim Schummer. Amsterdam: IOS Press 2004. S. 139.

feedback – nested PCR, inverse PCR, single-molecule amplification, universal primers, direct DNA sequencing, multiplex amplifications, quantitation, single-gamete genotyping, cUTP/UDG, combinatorial libraries, aptamers, isothermal amplification, sequence-tagged sites, ancient DNA, in situ PCR, single enzyme RT-PCR, long PCR etc.”<sup>34</sup> Die Vielzahl von Forschungsfeldern, in denen PCR zur Anwendung kommt, ist heute kaum noch zu überblicken. PCR ist Teil der Mainstream-Forschung geworden.

### 3. *Welche konkreten Ausprägungen können kreative Forschungsleistungen annehmen?*

In einem nächsten Schritt soll nun die Frage beantwortet werden, welche konkreten Ausprägungen kreative Forschungsleistungen annehmen können. Es geht daher um die Präzisierung von Q3. Ausgangspunkt ist die verbreitete Position in der Wissenschaftsphilosophie und -soziologie, dass die Formulierung neuer Theorien der Dreh- und Angelpunkt des Erkenntnisfortschritts ist. Diese Position wird nicht nur von Popper<sup>35</sup> vertreten, sondern auch von Kuhn<sup>36</sup>, Merton<sup>37</sup> und Lakatos<sup>38</sup>. Insbesondere Merton argumentiert, dass empirische Entdeckungen, neue Beobachtungs- und Messdaten und methodische Neuerungen Druck auf die Verbesserung von Theorien ausüben. Sie stellen für ihn aber keine eigenständigen Kategorien von Forschungsleistungen dar, sondern haben ausschließlich einen “stimulating effect upon the further development of theory”.<sup>39</sup> Und selbst in den konstruktivistischen Wissenschaftsstudien des strong program, die

33 Mullis, Kary B. / Ferré, Francois / Gibbs, Richard A. (Hrsg.), *The Polymerase Chain Reaction*. Boston, Basel, Berlin: Birkhäuser 1994; Mullis, Kary B., *Dancing Naked in the Mind Field*. New York: Vintage 1998.

34 Rabinow, Paul, *Making PCR. A Story of Biotechnology*. Chicago, London: Chicago University Press 1996. S. 169.

35 Popper, Karl, *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson 1959

36 Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press 1962; Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd enlarged Edition. Chicago: Chicago University Press 1970.

37 Merton, Robert K., *The Bearing of Empirical Research Upon the Development of Sociological Theory*. – In: *American Sociological Review*. 13(1968), S. 505-515.

38 Lakatos, Imre, *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*. – In: *Criticism and the Growth of Knowledge*. Hrsg. v. Imre Lakatos / A. Musgrave. Cambridge: Cambridge University Press 1970. S. 91-196.

39 Merton, Robert K., *The Bearing of Empirical Research Upon the Development of Sociological Theory*. A.a.O. S. 512.

ja als Kritik und in Abgrenzung zu Merton und seinen Schülern durchgeführt wurden, herrscht ein Primat der Theorie.<sup>40</sup>

Die Gleichsetzung von herausragenden wissenschaftlichen Leistungen mit theoretischen Neuerungen ist seit den 1980er Jahren immer wieder kritisiert worden.<sup>41</sup> Diese Kritik hat sich vor allem an dem geringen Stellenwert, den das Experiment in der traditionellen Wissenschaftsphilosophie und –soziologie einnimmt, entzündet.<sup>42</sup> Besonders deutlich ist die Kritik von Rheinberger<sup>43</sup> und Shinn und Jörges<sup>44</sup> vorgetragen worden.

Rheinberger hat für die biomedizinische und mikrobiologische Forschung gezeigt, dass die Kernstruktur, in der wissenschaftliche Aktivität sich entfaltet, weniger Theorien, sondern experimentelle Anordnungen sind, in denen die „Wissensobjekte und die technischen Bedingungen ihrer Hervorbringung unauflösbar miteinander verknüpft“ sind.<sup>45</sup> Das bedeutet, dass die Entwicklung eines bestimmten Problemhorizonts ohne die experimentelle Textur gar nicht richtig erfasst werden kann.<sup>46</sup> Im Gegensatz zur klassischen Epistemologie versteht Rheinberger Experimente nicht als Prüfinstanzen für Theorien, die einzeln durchgeführt werden und entweder eine Theorie bestätigen oder verwerfen. Experimente sind nach Rheinberger vielmehr in ein System anderer experimenteller Praktiken eingebettet, das als Ganzes darauf angelegt ist, laufend neues und überraschendes Wissen herzustellen. Forschung in Experimentalsystemen stellt einen eigenständigen Typus wissenschaftlicher Tätigkeit dar, dessen Dynamik nur aus

40 Collins, Harry M. / Pinch, Trevor J., *The Golem: What Everyone Should Know About Science*. Cambridge & New York: Cambridge University Press 1998.

41 Hacking, Ian, *Representing and intervening, introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press 1983; Shapin, Steven / Schaffer, Simon, *Leviathan and the airpump. Hobbes, Boyle and the experimental life*. Princeton: Princeton University Press 1985; Rheinberger, Hans-Jörg, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Göttingen: Wallstein 2001; Shinn, Terry / Joerges, Bernward, *The Transverse Science and Technology Culture: Dynamics and Roles of Research-Technology*. – In: *Social Science Information*. 41(2002), S. 207-251; Heidelberger, Michael, *Philosophy of Science and Politics*. Wien/New York: Springer 2003.

42 Radder, Hans, *The philosophy of scientific experimentation*. Pittsburg: University of Pittsburgh Press 2003.

43 Rheinberger, Hans-Jörg, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Göttingen: Wallstein 2001.

44 Shinn, Terry / Joerges, Bernward, *The Transverse Science and Technology Culture: Dynamics and Roles of Research-Technology*. – In: *Social Science Information*. 41(2002), S. 207-251.

45 Rheinberger, Hans-Jörg, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. A.a.O. S. 8.

46 Rheinberger, Hans-Jörg, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. A.a.O. S. 153.

dem System der experimentellen Praktiken selbst erklärt werden kann. Experimentalsysteme können typischerweise nicht einer akademischen Disziplin zugeordnet werden, sondern entfalten ihre Dynamik in verschiedenen disziplinären und institutionellen Kontexten.

Shinn und Jörges<sup>47</sup> argumentieren, dass die Entwicklung neuer Forschungsinstrumente eine eigenständige Kategorie wissenschaftlicher Tätigkeit darstellt. Sie argumentieren, dass die Erfinder neuer Instrumente sich weniger mit den Naturgesetzen als mit den technischen Gesetzmäßigkeiten beschäftigen, die bei der Konzeption, der Konstruktion und dem Betrieb von Präzisionsgeräten eine Rolle spielen.<sup>48</sup> Die Autoren zeigen, dass neue Forschungsinstrumente nicht ausschließlich in der akademischen Forschung, sondern auch in Unternehmen entwickelt werden.<sup>49</sup> Sie weisen zudem darauf hin, dass Forschungsinstrumente häufig keiner einzelnen akademischen Disziplin zugeordnet werden können.

Tabelle 1: Kategorien und Beispiele für kreative Forschungsleistungen

Kategorie	Beispiel (Name, Publikationsjahr)
Theoretische Neuerungen	Quantenhypothese (Planck, 1900) Theorie der Supraleitung (Bardeen, Coper, Schrieffer, 1957) Kritische Phänomene im Phasenübergang (Wilson, 1971)
Neue Methoden und Techniken	Verteilungschromatographie (Martin, Syngé, 1941) Radiokarbonmethode (Libby, 1947) Polymerase Kettenreaktion (Mullins, 1985)
Empirische Entdeckungen	Mobile Genetische Elemente (McClintock, 1964) Kohlenstoff-Fullerene (Kroto, Curi, Smalley, 1985) Hochtemperatur Supraleitung (Bednorz, Müller, 1986)
Neue Forschungsinstrumente	Elektronenmikroskopier (Ruska, 1933) Bubble Chamber (Glaser, 1952) Rastertunnelmikroskop (Binnig, Rohrer, 1982)
Hinweis: Alle aufgeführten Beispiele wurden mit Nobelpreisen ausgezeichnet	

In Anlehnung an die an der traditionellen Erkenntnislehre formulierte Kritik wird hier die Position vertreten, dass eine adäquate Beschreibung kreativer Forschungsleistungen jene Beiträge erfassen muss, die nicht theoretischer Natur sind: neue Methoden und Techniken, Entdeckung empirischer Phänomene und die Entwicklung neuer Forschungsinstrumente (Tab. 1). Im Folgenden werden daher

47 Shinn, Terry / Joerges, Bernward, *The Transverse Science and Technology Culture: Dynamics and Roles of Research-Technology*. A.a.O..

48 Ebenda, S. 212.

49 Ebenda, S. 207.

Beispiele für neue Methoden und Techniken, empirische Entdeckungen und Instrumentenentwicklung erläutert, die keinesfalls bloße Hilfsmittel für die Formulierung neuer Hypothesen und Theorien sind. Es wird gezeigt, dass es zur Erfassung des ganzen Spektrums kreativer wissenschaftlicher Beiträge notwendig ist, den Beobachtungsradius über die disziplinär geprägte Forschung an Universitäten und damit den engeren Kreis der akademischen Forschung hinaus zu erweitern.

### 3.1. *Neue Methoden und Techniken*

Ein Beispiel für neue Methoden und Techniken ist die bereits erwähnte Polymerase Kettenreaktion. PCR ist aus wissenschaftlicher Perspektive ein beachtlicher Fortschritt, denn mit ihrer Hilfe werden die Sequenzierung und das Klonen von Genen erheblich vereinfacht. Zudem können virale und bakterielle Infektionen ohne zeitaufwendige Kultivierung von Mikroorganismen ermittelt werden. PCR kann auch zur Lokalisierung von Veränderungen im Gen, die genetischen Erkrankungen zugrunde liegen, herangezogen werden und ist damit zentral für die Gentherapie.

PCR beinhaltet jedoch keine theoretische Neuerung. Rabinow argumentiert: „PCR did not emerge as a solution to a growing set of theoretical anomalies in a scientific discipline. (...) the historical distinctiveness of PCR lies less in theoretical advances that it has facilitated (...) than in the practice that accompanied it”.<sup>50</sup> PCR ist somit eine methodische Neuerung, die weder theoretisch inspiriert war, noch zur Formulierung neuer Theorien geführt hat. PCR steht stellvertretend für innovative Methoden und Techniken, die eine eigenständige Kategorie wissenschaftlicher Kreativität darstellen.

PCR wurde zudem in einem der weltweit ersten Biotechnologie-Unternehmen entwickelt und hat als Basistechnologie großen kommerziellen Wert. Die Vorstellung, dass es sich beim Erkenntnisfortschritt in der Regel um theoretische Neuerungen handelt, verleitet dagegen zur Konzentration auf akademische Settings und Klischees von Forschern. Shapin<sup>51</sup> zufolge widersprechen Kary Mullis' Habitus und seine öffentlichen Selbstdarstellungen allerdings dem traditionellen Klischee des hochgebildeten Forschers, der selbstlos neues Wissen schafft, der einer inneren Berufung folgt und asketisch arbeitet. Dass Mullis nicht dem herkömmlichen Forscherklischee entspricht und dass PCR nicht in einem

50 Rabinow, Paul, *Making PCR. A Story of Biotechnology*. Chicago, London: Chigago University Press 1996. S. 168.

51 Shapin, St., *The Scientific Life. A Moral History of a Late Modern Vocation*. Chicago, London: Chicago University Press 2008. S. 215 - 226.

traditionellen akademischen Setting entwickelt wurde, ändert nach Shapin<sup>52</sup> aber nichts daran, dass es sich um eine kreative wissenschaftliche Leistung handelt.

### 3.2. Empirische Entdeckungen

Ein Beispiel für empirische Entdeckungen ist die Hochtemperatur-Supraleitung (HTS) durch Alexander Müller und Georg Bednorz am IBM-Forschungszentrum in Rüschlikon (Schweiz). Supraleitung tritt auf, wenn ein Material unterhalb eines kritischen Punktes gekühlt wird, an dem der elektrische Widerstand dann plötzlich verschwindet. Bednorz und Müller entdeckten 1985 eine kuperoxidbasierte Keramik, die bereits bei  $-238^{\circ}\text{C}$  supraleitend wurde.<sup>53</sup> Nach diesem Durchbruch begannen hunderte Laboratorien weltweit mit der Suche nach ähnlichen und besseren Materialien.<sup>54</sup>

Die Entdeckung von Bednorz und Müller reiht sich in eine lange Liste von Forschungsdurchbrüchen zur Supraleitung ein, von denen mehrere mit Nobelpreisen bedacht wurden. Interessant ist HTS aber deshalb, weil sie bis heute mit der herrschenden Standardtheorie der Supraleitung, der sogenannten BCS-Theorie, im Widerspruch steht. Bis heute fehlt eine schlüssige theoretische Erklärung des HTS-Phänomens. Viele Physiker sind der Ansicht, der Unterschied der von Müller und Bednorz gefundenen keramischen Supraleiter zu herkömmlichen Supraleitern sei derart groß, dass eine komplett neue Theorie entwickelt werden müsse.<sup>55</sup> Hierzu bleibt anzumerken, dass die in den 1950er Jahren entwickelte BCS Theorie die bis dahin entwickelten Materialien erklären, aber nicht die Suche nach neuen Materialien anleiten konnte. Aus diesem Grund gab es auch keine theoretisch vorgegebenen Suchstrategien für neue Materialien, sondern nur Empfehlungen auf der Basis früherer experimenteller Befunde. Bednorz und Müller haben diese theoretische Unbestimmtheit für sich genutzt und mit ihrer kuperoxidbasierten Keramik die experimentelle Erforschung der HTS vorange-

52 Shapin, Steven, *The Scientific Life. A Moral History of a Late Modern Vocation*. Chicago, London: Chicago University Press 2008

53 Jansen, Dorothea, *Hochtemperatursupraleitung - Herausforderungen für Forschung, Wirtschaft und Politik*. Baden-Baden: Nomos 1998. S. 21 - 32..

54 Jansen, Dorothea, *Hochtemperatursupraleitung - Herausforderungen für Forschung, Wirtschaft und Politik*. A.a.O., S. 32 - 42; Felt, Ulrike / Nowotny, Helga, *Striking Gold in the 1990s: The Discovery of High-Temperature Superconductivity and Its Impact on the Science System*. – In: *Science, Technology, & Human Values*. 17(1992), S. 506-531.

55 UZH News vom 28.03.2006: *Symposium zu Ehren der Physik-Nobelpreisträger 1987. Supraleitung mit Zukunft*. Available at: <http://www.uzh.ch/news/articles/2006/2125.print.html>, letzter Zugriff: 03.04.2012.

bracht. Mittlerweile sind Materialien entwickelt worden, die bei  $-140^{\circ}\text{C}$  supraleitend werden.

### 3.3. Neue Forschungsinstrumente

Als Beispiel für Forschungsinstrumente wurde bereits das STM eingeführt. Ebenso interessant ist das Elektronenmikroskop (EM). Das die beiden Instrumente Verbindende besteht darin, dass der Erfinder des Elektronenmikroskops, Ernst Ruska, zusammen mit den STM-Erfindern Gerd Binnig und Heinrich Rohrer 1986 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde. Die wissenschaftliche Bedeutung des Elektronenmikroskops liegt erstens darin, die Grenzen des herkömmlichen Lichtmikroskops überwunden zu haben. Das konventionelle Lichtmikroskop kann nur Objekte bis zur Größe der Wellenlänge des Lichts erfassen. Im Gegensatz dazu ist die Wellenlänge von Elektronen viel geringer als die des Lichts. Folglich erlaubt das EM auch eine viel höhere Auflösung.<sup>56</sup> Die wissenschaftliche Bedeutung des Elektronenmikroskops liegt zweitens in seiner breiten disziplinären Anwendbarkeit. Es dient nicht nur in den Materialwissenschaften, sondern auch in der Medizin, in der Biologie, in der Chemie und in der Physik zur Bestimmung und Charakterisierung von Materialproben.<sup>57</sup>

Die Entwicklungsgeschichte des EM zeigt, dass die Herstellung neuer Forschungsinstrumente nicht theoretisch inspiriert sein muss. So wusste Ruska während seiner Entwicklungsarbeit nichts von der für ihn durchaus relevanten Wellentheorie de Broglies aus dem Jahr 1924, derzufolge Elektronen eine Wellenlänge aufweisen, die kleiner als die des Lichts ist.<sup>58</sup> Zugleich zeigt die Entwicklungsgeschichte des EM, dass neue Instrumente sowohl im akademischen als auch im industriellen Kontext entwickelt werden können. Während der erste EM-Prototyp von Ruska an der Technischen Hochschule Berlin hergestellt wurde, gelang die Serienfertigung erst mit Unterstützung der Unternehmen Siemens

- 56 Erni, R. / Rossell, M.D. / Kisielowski, C. / Dahmen, U., Atomic-Resolution Imaging with a Sub-50-pm Electron Probe. – In: *Physical Review Letters*. 102(2009), S. 96-101; Pennycook, S.J., *Transmission Electron Microscopy*. – In: *Encyclopedia of Condensed Matter Physics*. Hrsg. v. G.F. Bassani / G.L. Liedl / P. Wyder. Elsevier 2005. S. 240-247.
- 57 Williams, D. / Carter, B., *Transmission Electron Microscopy. A Textbook for Materials Science*. Berlin: Springer 2010; Marassi, R. / Nobili, F., *Transmission Electron Microscopy*. – In: *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*. Hrsg. v. K. Dyer / Patrick T. Moseley / Zempachi Ogumi / David A. J. Rand. Amsterdam: Elsevier 2009. S. 769-789; Potter, U. J. / Love, G., *Transmission Electron Microscopy*. – In: *Encyclopedia of Food Microbiology*. Hrsg. v. Richard Robinson / Pradip Patel / Carl A. Batt. San Diego: Academic Press 2004. S. 1407-1418.
- 58 Ruska, Ernst., *The development of the electron microscope and of electron microscopy*. Stockholm: Nobel Foundation 1986. S. 360 - 361.

und Carl Zeiss. Nach dem Zweiten Weltkrieg setzte Ruska seine Tätigkeit bei Siemens fort und präsentierte 1954 ein erheblich verbessertes Gerät, das bis 1965 1000 mal verkauft wurde.<sup>59</sup> Ruskas Biographie fügt sich somit gut in die Beschreibung von Shinn und Jörges<sup>60</sup> ein, die darauf hinweisen, dass research technologists in ihrer beruflichen Laufbahn zwischen Universität und Unternehmen wechseln.

### *Diskussion*

Die wissenschaftshistorischen Beispiele im dritten Abschnitt dienen zur Illustration kreativer Forschungsleistungen (Q3 in Abbildung 1). Damit ist jedoch noch nicht die Frage beantwortet, wie häufig die vier Kategorien tatsächlich auftreten. Diese Frage kann im vorliegenden Aufsatz leider nicht beantwortet werden, weil es – im Gegensatz zur umfangreichen bibliometrischen Literatur – zu diesem Thema bislang keine einschlägigen Untersuchungen gibt. Zur Abschätzung der quantitativen Bedeutung der vier Kategorien könnte man beispielsweise alle mit dem Nobelpreis prämierten wissenschaftlichen Arbeiten klassifizieren (Tabelle 1). Das Ergebnis einer solchen Analyse wäre nicht nur eine Quantifizierung analog zu Abbildung 3, sondern auch die Beantwortung der Frage, ob sich alle intellektuellen Neuerungen den vier Kategorien zuordnen lassen oder ob es gewisse Überlappungen und Unschärfen bzw. ob es weitere, in Tabelle 1 nicht aufgeführte Kategorien gibt. Eine solche Analyse steht noch aus.

Weiterhin ist anzumerken, dass sich die in Abschnitt 3 diskutierte Typologie grundsätzlich auf alle Quadranten beziehen lässt (Abbildung 1). So wie es beispielsweise kreative methodische Neuerungen gibt, so gibt es natürlich auch Methodenpublikationen, die zum Mainstream zählen (Q4), die keine Beachtung finden (Q1) oder die umstritten sind (Q2). Es wäre daher interessant herauszufinden, ob sich die vier Quadranten, was die Verteilung der vier Kategorien angeht, voneinander unterscheiden.

Weiterhin wirft das in diesem Aufsatz diskutierte Quadrantenmodell die Frage auf, wie es zu der von Kuhn<sup>61</sup> vorgeschlagenen Unterscheidung von Normalwissenschaft und wissenschaftlicher Revolution steht. Es wäre sicher zu kurz gegriffen, wenn man kreative Forschungsleistungen (Q3) mit wissenschaftlichen

59 Lambert, L. / Mulvey, T., Ernst Ruska (1906-1988): Inventor Extraordinaire of the Electron Microscope: A Memoir. – In: *Advances in Imaging and Electron Physics*. 95(1996), S. 2-62.

60 Shinn, Terry / Joerges, Bernward, *The Transverse Science and Technology Culture: Dynamics and Roles of Research-Technology*. A.a.O..

61 Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press 1962. 2nd enlarged Edition 1970.

Revolutionen und Mainstreamforschung (Q4) mit Normalwissenschaft gleichsetzen wollte. Denn Kuhn zufolge sind intellektuelle Fortschritte auch im Rahmen eines herrschenden Paradigmas zu beobachten. Hierzu zählen erstens die Ableitung neuer Gesetze und die Beseitigung theoretischer Widersprüche, zweitens die Bestimmung bedeutsamer empirischer Tatsachen, beispielsweise die Berechnung von physikalischen Konstanten oder die Ermittlung der Wellenlänge von Molekülen, und drittens die wechselseitige Anpassung von Beobachtungsdaten und theoretischen Postulaten, beispielsweise die Beseitigung von Ungenauigkeiten durch Berücksichtigung bislang vernachlässigter empirischer Phänomene.<sup>62</sup> Wenngleich Kuhns vordringliches Interesse den intellektuellen Diskontinuitäten im Zuge wissenschaftlicher Revolutionen gilt, erwähnt er explizit intellektuelle Neuerungen als Arbeitsprodukte der Normalwissenschaft. Es erscheint daher angemessen, sowohl Q4 als auch Q3 zur Normalwissenschaft zu rechnen.

Revolutionäre Beiträge gehören auf den ersten Blick zu Q2, weil sie den Konsens innerhalb wissenschaftlicher Fachgemeinschaften sprengen. Allerdings muss man bei Q2 genau differenzieren. Beiträge, die nach einer anfänglichen Skepsis der Fachgemeinschaft schließlich akzeptiert werden, ohne dass es zu einer grundlegenden Revision des wissenschaftlichen Weltbilds kommt, wechseln von Q2 nach Q3 (vgl. Abschnitt 2.3). Demgegenüber haben alljene Q2-Beiträge revolutionären Charakter, die eine umfangreiche Revision des wissenschaftlichen Weltbilds auslösen. Solche revolutionären Beiträge gehen aber über den Rahmen des Quadrantenmodells hinaus. Das Quadrantenmodell ist als Heuristik nicht darauf angelegt, den Übergang von einem alten zu einem neuen Paradigma zu beschreiben. Sein Schwerpunkt liegt eher in der differenzierten Beschreibung der Normalwissenschaft. Daher fällt auch Q1 unter die Kuhnsche Definition von Normalwissenschaft. Das hier diskutierte Quadrantenmodell verhält sich als Heuristik komplementär zu Kuhn.<sup>63</sup>

Welche weiteren Anknüpfungspunkte bietet der vorliegende Aufsatz? Zunächst eignet sich der allgemeine Kreativitätsbegriff, so wie er in der einschlägigen Literatur verwendet wird, für weiterführende soziologische Analysen, beispielsweise für das Wirtschaftssystem oder das Rechtssystem. In der Wirtschaft hätte man es beispielsweise mit wertschöpfenden technischen Innovationen zu tun, während es im Rechtssystem etwa um die gerichtliche Sanktionierung neuartiger Gesetzesauslegungen ginge. Der allgemeine Kreativitätsbegriff legt dabei

62 Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press 1970. S. 23 - 34.

63 Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press 1962. 2nd enlarged Edition 1970.

---

nicht vorab die theoretische Perspektive fest, mit der weiterführende soziologische Analysen durchgeführt werden müssen. Die systemtheoretische Perspektive Luhmanns, auf die in Abschnitt 1 eingegangen wurde, kann durch organisationssoziologische, neoinstitutionalistische oder handlungstheoretische Herangehensweisen in fruchtbarer Weise ergänzt und erweitert werden. Anschlussfragen sind beispielsweise, in welchen Forschungseinrichtungen kreative Forschungsleistungen besonders häufig auftreten oder welche institutionellen Rahmenbedingungen notwendig sind, um möglichst viele kreative Leistungen zu ermöglichen.

Schließlich stellt das Quadrantenmodell (Abbildung 2) eine Heuristik zur Verfügung, die eine Vielzahl von Einzelbefunden aus der Wissenschaftssoziologie, der Wissenschaftsgeschichte und der Bibliometrie aufeinander bezieht. Dieses Vorgehen erlaubt es, verschiedene Perspektiven miteinander zu verknüpfen. Auf diese Weise lassen sich Wissenslücken und bislang wenig beachtete Fragestellungen identifizieren. Es wurde beispielsweise festgestellt, dass die Mainstream-Forschung kaum erforscht wurde, obwohl sie den Löwenanteil an allen wissenschaftlichen Beiträgen stellt. Das Quadrantenmodell liefert daher einen adäquaten konzeptuellen Rahmen zur Identifikation neuer Forschungsfragen.