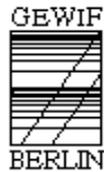

**Kreativität in der Forschung:
Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2012**

Herausgegeben von
Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur und Rüdiger Wink

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Thomas Heinze,
Heinrich Parthey
Günter Spur
Rüdiger Wink (Hrsg.)

**Kreativität
in der Forschung**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2012

Mit Beiträgen von:

Klaus Fischer • Jochen Gläser

Thomas Heinze • Horst Kant

Grit Laudel • Heinrich Parthey

Jürgen Renn • Günter Spur

Walther Umstätter • Rüdiger Wink

Wissenschaftsforschung **2012**
Jahrbuch

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 978-3-86573-693-2

© 2013 Wissenschaftlicher Verlag Berlin

Olaf Gaudig & Peter Veit GbR

www.wvberlin.de

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist 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.

Printed in Germany

Euro 36,00

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	7
HEINRICH PARTHEY <i>Phantasie in der Forschung und Kriterien der Wissenschaftlichkeit</i>	9
THOMAS HEINZE <i>Was sind kreative Forschungsleistungen? Konzeptuelle Überlegungen sowie Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde</i>	29
RÜDIGER WINK <i>Kreativität in der Forschung und Kommerzialisierung wissenschaftlicher Ergebnisse</i>	51
GÜNTER SPUR <i>Innovationsfähige Kreativität in der Technikforschung</i>	69
JOCHEN GLÄSER <i>Der Zusammenhang von institutioneller und epistemischer Diversität in der Forschung - Umriss eines Forschungsprogramms</i>	89
GRIT LAUDEL <i>Wie beeinflussen nationale Karriere-Institutionen innovative Forschung</i>	109
HORST KANT & JÜRGEN RENN <i>Forschungserfolge und ihre Voraussetzungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft</i>	141
WALTHER UMSTÄTTER <i>Über die katalytische Ausbreitung kreativer Ideen in der Wissenschaft</i>	157
KLAUS FISCHER <i>Generalisierbare Bedingungen kreativer Forschung</i>	183
<i>Autoren</i>	205

<i>Bibliographie Manfred Bonitz.</i>	
<i>Zusammengestellt anlässlich seines 80. Geburtstages</i>	<i>207</i>
<i>Bibliographie Walther Umstätter.</i>	
<i>Zusammengestellt anlässlich seines 70. Geburtstages</i>	<i>227</i>
<i>Publikationen der Mitglieder im Jahre 2011</i>	<i>243</i>
<i>Namensregister</i>	<i>253</i>
<i>Sachregister</i>	<i>259</i>

Vorwort

Wissen ist ein Ausgangsstoff, der sich bei Gebrauch vermehrt. Für Forscher ist dabei Phantasie wichtiger als bisheriges Wissen. Unter Phantasie wird die Fähigkeit verstanden, Elemente des Gedächtnisses sinnlich-anschaulich neu zu kombinieren beziehungsweise zu neuen Vorstellungen und Gedankenverknüpfungen weiterzuentwickeln. In der Wissenschaft ist Phantasie die am frühesten entwickelte Eigenschaft, deren Entwicklung zur großen Leistung darin besteht, dass sie – wie es Wilhelm Ostwald anhand von Untersuchungen der Arbeitsweise bedeutender Forscher formulierte – „auf Grund weiterer und tieferer Erfahrungen diszipliniert wird.“¹ Bildung sollte vor allem das Umgehen mit Wissen und seinen Veränderungen, Offenheit für Neues – und eben Phantasie fördern.

Kreativität verbindet Neuheit und Anschlussfähigkeit miteinander. Auf Wissenschaft übertragen heißt das, dass Forschungsleistungen dann als kreativ gelten, wenn sie sowohl neu und originell sind als auch anschlussfähig und relevant sind. Entscheidend ist hierbei, dass Neuheit und Anschlussfähigkeit in einem Spannungsverhältnis zueinander stehen. Denn nicht alles, was neu ist, ist anschlussfähig. Das Neue in der Forschung erfordert oftmals erhebliche Bemühungen, die scientific community von seiner wissenschaftlichen Relevanz zu überzeugen.

Die Gesellschaft für Wissenschaftsforschung hat sich dieser Fragestellung angenommen und sie im Rahmen ihrer Jahrestagung im Produktionstechnischen Zentrum der Technischen Universität Berlin am 23. und 24. März 2012 unter dem Thema „Kreativität in der Forschung“ analysiert und diskutiert. Dabei ist es gelungen, theoretische Überlegungen mit historischen und aktuellen Fakten zu verbinden. Die Ergebnisse dieser Tagung werden in diesem Jahrbuch der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung dem interessierten Leser vorgestellt.

Wuppertal, Berlin und Leipzig, im November 2012
Thomas Heinze Heinrich Parthey Günter Spur Rüdiger Wink

1 Ostwald, W., Große Männer. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1909. S. 47.

Phantasie in der Forschung und Kriterien der Wissenschaftlichkeit

In der Wissenschaft ist Phantasie die am frühesten und am weitesten entwickelte Eigenschaft, deren Entwicklung zur großen Leistung darin besteht, dass sie – wie es Wilhelm Ostwald anhand von Untersuchungen der Arbeitsweise bedeutender Forscher formulierte – „auf Grund weiterer und tieferer Erfahrungen diszipliniert wird.“¹ Bildung sollte vor allem das Umgehen mit Wissen und seinen Veränderungen, Offenheit für Neues – und eben Phantasie fördern. So gehört seit dem Aufkommen von Universitäten die „Fähigkeit, vorhandenes Wissen auf neue Probleme anzuwenden,“ zur Bewertung ihrer Absolventen (auch der heutigen Bachelorabsolventen, obwohl deren „spezielles Fachwissen“ von Unternehmen „als weniger bedeutsam“ eingeschätzt wird).² Wissen ist ein Ausgangsstoff, der sich bei Gebrauch vermehrt. Für Forscher ist dabei Phantasie wichtiger als bisheriges Wissen. Unter Phantasie wird dabei die produktiv-schöpferische Fähigkeit des Bewußtseins verstanden, Elemente des Gedächtnisses sinnlich-anschaulich neu zu kombinieren beziehungsweise zu neuen Vorstellungen und Gedankenverknüpfungen weiterzuentwickeln. So bemerkte Max Planck im Sommer 1913 in dem ansonsten des Lobes übervollen Wahlvorschlag zur Aufnahme Albert Einsteins in die Preußische Akademie der Wissenschaften, „daß er in seinen Spekulationen auch einmal über das Ziel hinausgeschossen haben mag, wie z. B. in seiner Hypothese der Lichtquanten, wird man ihm nicht allzuschwer anrechnen dürfen; denn ohne einmal ein Risiko zu wagen, läßt sich auch in der exakten Naturwissenschaft keine wirkliche Neuerung einführen.“³ Wie es auch in diesem Fall war.

- 1 Ostwald, W., Große Männer. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1909. S. 47.
- 2 Konegen-Grenier, Ch. / Placke, B. / Stettes, O., Bewertung der Kompetenzen von Bachelorabsolventen und personalwirtschaftliche Konsequenzen der Unternehmen. – In: IW-Trends – Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln. 38(2011)3, S. 4 – 5.
- 3 Wahlvorschlag zur Aufnahme von A. Einstein in die Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Berlin, 12. Juni 1913, unterzeichnet Planck, Nernst, Rubens und Warburg, in der Handschrift Plancks. – In: Physiker über Physiker. Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870 bis 1929 von Hermann v. Helmholtz bis Erwin Schrödinger. Berlin: Akademie-Verlag 1975. S. 202.

1. *Entdeckung und Rechtfertigung des Neuen in der Wissenschaft*

Die Diskussion über das Neue in der Wissenschaft zwischen Hans Reichenbach von der Berliner Universität und Vertretern des Wiener Kreises ist bis heute von Interesse, haben sich doch seine Auffassungen in die moderne Wissenschaftsforschung einbringen können, was vom Programm des Wiener Kreises nicht behauptet werden kann.

Auf Wunsch von Albert Einstein wurde an seiner Fakultät an der Berliner Universität 1926 für Hans Reichenbach eine außerordentliche Professur für „Philosophie der Physik“ eingerichtet. „Einstein setzte sich besonders dafür ein, ihm diese Stellung zu verschaffen, denn es bestand ein recht starker Widerstand gegen diese Berufung von Seiten einflussreicher Mitglieder der Berliner Fakultät. Die hauptsächlichsten Hinterungsgründe schienen in Reichenbachs öffentlich geäußelter Verachtung traditioneller metaphysischer Systeme und in seiner Verfechtung radikaler Ideale während seiner Studentenzzeit zu liegen. Schließlich wurde er aber doch berufen, nachdem Einstein die Fakultät vor die Frage gestellt hatte: „Meine Herren, was würden Sie getan haben, wenn sich der junge Schiller hier um eine Stellung beworben hätte?“ Reichenbach behielt diese Professur in Einsteins naturwissenschaftlicher Fakultät bis zum Jahre 1933.“⁴

Ein grundlegendes Problem der Erkenntnistheorie ist es, die Kluft zwischen Bekanntem und Unbekanntem zu überwinden. In einer Diskussion darüber in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts stimmte Hans Reichenbach mit den Vertretern des Wiener Kreises um Moritz Schlick und Rudolf Carnap in der Ansicht überein, daß alle früheren Versuche, die Kluft zu überwinden, gescheitert sind. Aber Vertreter des Wiener Kreises gelangten nach Reichenbach, wie er im Jahre 1936 formulierte, „zu einer Bedeutungsanalyse, nach der jede wissenschaftliche Aussage nichts als eine Wiederholung von „Protokollsätzen“ enthält. [...] Daher konnte der tautologische Charakter des positivistischen Systems nicht den prognostischen Gehalt der Wissenschaft begründen. [...] Es konnte keine Theorie der Aussagen über die Zukunft entwickeln. Dies war genau der Grund, warum die Berliner Gruppe den Positivismus nicht akzeptieren konnte“.⁵ Reichenbach erfaßte damit eines der wichtigen Paradigmen des Wiener Kreises der späten zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts und distanzierte seine An-

4 Salomon, W. C., Einleitung zur Gesamtausgabe Hans Reichenbachs Leben und die Tragweite seiner Philosophie. – In: Hans Reichenbach Gesammelte Werke in 9 Bänden. Hrsg. v. Andreas Kamlah u. Maria Reichenbach. Band 1: Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie. Braunschweig: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft 1977. S. 9.

5 Reichenbach, H., „Logistic Empiricism in Germany and the Present State of its Problems“. – In: The Journal of Philosophy. 33(1936) S. 152.

sichten und die der in der Berliner Universität von 1926 bis 1933 tätigen Gruppe philosophierender Wissenschaftler davon. Zweck der Berliner Gruppe war die Zusammenarbeit zwischen Einzelwissenschaften und Philosophie. Sie suchte diesen zu erreichen durch Veranstaltung von Vorträgen über philosophisch bedeutsame Probleme der Einzelwissenschaften.⁶

Moritz Schlick hatte bereits im Jahre 1932 seine Übereinstimmung mit Hans Reichenbachs Auffassung ausgesprochen: „Der Übergang von wahren Aussagen zu neuen, deren Wahrheit nicht bekannt ist, aber erwartet wird, heißt Induktion. Alles, was ich darüber sagen möchte, ist, daß eine Induktion sicher kein logischer Prozeß ist. (Ihre) Gültigkeit kann nicht bewiesen werden. Es kann nicht einmal gezeigt werden, daß eine mit Hilfe der Induktion erschlossene Aussage wahrscheinlich wahr sein wird, was immer man für einen Grad der Wahrscheinlichkeit annehmen will. Logisches Schließen, wie wir es gesehen haben, ist eine Umformung eines Ausdrucks in einen äquivalenten anderer Gestalt, aber die neue Aussage, da sie wirklich etwas Neues enthält, ist sicher nicht nur eine Umformung der alten Aussage, von der sie mittels Induktion erschlossen worden ist.“⁷

Tatsächlich war die Kontroverse bezüglich des Neuen in der Wissenschaft vor allem die zwischen Hans Reichenbach und Rudolf Carnap. Die Diskussion zwischen beiden, die während der Prager Konferenz 1929 aufkam, ergab sich wie folgt und zeigte deutlich entgegengesetzte Positionen. In einer Replik auf Friedrich Waismanns Vortrag, in dem ungefähr die Induktionstheorie des *Tractatus Logico-Philosophicus* von Ludwig Wittgenstein⁸ entwickelt worden war, hatte Hans Reichenbach darauf hingewiesen, daß dieser Ansatz keine befriedigende Rechtfertigung für wissenschaftliche Voraussagen liefere. An dieser Stelle kam Rudolf Carnap Friedrich Waismann zu Hilfe, indem er wie folgt argumentierte: „Darf eine wissenschaftliche Aussage mehr sagen als wir schon wissen? Vermutlich wird hier Herr Reichenbach mit „nein“ antworten und hinzufügen, man müsse einen Unterschied machen zwischen dem, was wir unmittelbar aus der Erfahrung wissen, und dem, was wir erst mittelbar daraus erschließen. Daraufhin würde ich dann meine Frage dann so stellen: Können wir mit Hilfe irgendeines

6 Die von der Gruppe um Hans Reichenbach geführte „Gesellschaft für wissenschaftliche Philosophie“ organisierte jährlich an der Berliner Universität zehn bis zwanzig Vorträge, die in der Regel von 100 bis 300 Zuhörern besucht wurden.

7 Schlick, M., „Form and Content, an Introduction to Philosophical Thinking (Three lectures, delivered in the University of London in November 1932)“. – In: Moritz Schlick, *Gesammelte Aufsätze 1926-1936*. Wien: Gerold 1938, S. 227.

8 Wittgenstein, L., „*Tractatus Logico-Philosophicus*“, London: Routledge & Kegan Paul 1922. Neuauflage in L. Wittgenstein, *Schriften*, Band 1, Frankfurt: Suhrkamp 1960. S. 7 – 83.

Schlußverfahren aus dem, was wir wissen, auf etwas „Neues“ schließen, das in dem Gewußten nicht schon enthalten ist? Ein solches Schlußverfahren wäre offenbar Zauberei. Mir scheint, das müssen wir ablehnen.“⁹

Reichenbachs Antwort war wie folgt: „Vom Standpunkt der Klassischen Logik darf ich natürlich nicht auf etwas schließen, was mehr aussagt, als ich schon weiß. Aber wir kommen mit einem derartigen Verfahren weder in der Wissenschaft noch im täglichen Leben aus. Die Frage von Herrn Carnap, ob er etwas aussagen darf, was er nicht weiß, klingt so, als ob ihm von der Wahrscheinlichkeitstheorie etwas beinahe Unmoralisches zugemutet würde. Gewiß darf der Wissenschaftler nicht Beliebiges aussagen, was mit seinem Wissensbestand in keinerlei Zusammenhang steht; es liegt aber völlig anders, wenn er für das Hinausgehen über seinen Wissensbestand das Induktionsprinzip zugrundelegt. Meine Antwort auf Herrn Carnaps Frage lautet also: „Ja, aber es gibt bestimmte Prinzipien, nach denen dieses Hinausgehen über den Wissensbestand geregelt sein muß, wenn es erlaubt sein soll.“¹⁰

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß Reichenbachs Abgrenzung von einem grundlegenden Paradigma des Wiener Kreises hinsichtlich der Entstehung des Neuen in der Wissenschaft ihm Auffassungen über die Aufgaben einer Erkenntnistheorie gestattete, die heute noch Geltung beanspruchen können und dies vor allem in ihrer Bedeutung für moderne Wissenschaftsforschung. So ist für Reichenbach die beschreibende Aufgabe der Erkenntnistheorie „eine Beschreibung der Erkenntnis zu liefern, wie sie wirklich ist.“¹¹ In diesem Sinne sollten Entdecker von Neuem in der Wissenschaft in ihren persönlichen Beschreibungen und im kollegialen Briefwechsel über ihren Erkenntnisprozess beachtet werden, wie nachfolgende Beispiele von Phantasie in der Variation beim Formulieren und methodischen Bearbeiten von Erkenntnisproblemen zeigen.

Daraus folgt für Reichenbach, „daß die Erkenntnistheorie in dieser Hinsicht Teil der Soziologie ist,“¹² aber es gibt Fragen, wie die nach den Voraussetzungen wissenschaftlicher Methoden, die – obwohl sie sich „tatsächlich auf das sozialwissenschaftliche Phänomen 'Wissenschaft' beziehen“¹³ – im Vergleich zu den Fra-

9 Zilsel, E., Dubislav, W., Härten, H., Carnap, R., Reichenbach, H., Mises, R. v., Neurath, O., Tornier, K., Grelling, K., „Diskussion über Wahrscheinlichkeit“. – In: Erkenntnis. 1(1930), S. 269.

10 Ebenda, S.270.

11 Reichenbach, H., Experience and Prediction, Chicago: University of Chicago 1938. Deutsch: Reichenbach, H., Erfahrung und Prognose. Braunschweig/Wiesbaden: Friedrich Vieweg 1983, S. 1..

12 Ebenda.

13 Ebenda.

gen der sonst üblichen Sozialwissenschaft von ganz besonderer Art sind. Reichenbach weist auf die Art, „wie der Mathematiker einen neuen Beweis oder der Physiker seine logischen Überlegungen zu den Grundlagen einer neuen Theorie veröffentlicht“, und auf den Unterschied hin, „wie jemand einen Lehrsatz findet und wie er ihn einem Publikum vorführt.“¹⁴

Dafür führt Reichenbach die Ausdrücke „Entdeckungszusammenhang“ und „Rechtfertigungszusammenhang“ ein und versucht zu zeigen, „daß die rationale Nachhkonstruktion der Erkenntnis zu der beschreibenden Aufgabe der Erkenntnistheorie gehört.“¹⁵

Im Unterschied zu Reichenbachs mehr moderaten Haltung in der Frage, welche gedanklichen Gebilde etwa den Entdeckungszusammenhang vom Rechtfertigungszusammenhang trennen, hat bekanntlich Karl Popper 1935 wesentlich radikaler zwischen Bildung und Überprüfung von Hypothesen unterschieden und gemeint: „Die erste Hälfte dieser Tätigkeit, das Aufstellen der Theorien, scheint uns einer logischen Analyse weder fähig noch bedürftig zu sein.“¹⁶ Grundsätzlich kann dieser Position, daß die Aufstellung von Hypothesen unter keinem Aspekt erkenntnislogischer Analyse unterworfen werden kann, entgegengehalten werden, dass das Neue in der Wissenschaft bereits mit einem neuen Problem und nicht erst mit einer neuen Hypothese beginnt, denn der Forscher versucht mit einer Hypothese ein bestimmtes Problem zu lösen, und zwar methodisch. Forschung ist methodisches Problemlösen.

2. *Problem und Methode in der Forschung*

Probleme sind gedankliche Gebilde, die sich stets in unserem Bewusstsein bilden, wenn wir auf der Grundlage unseres bisherigen Wissens weiterführende Fragen stellen, die zwar auf der Grundlage des bisherigen Wissens plausibel gestellt aber auf der Grundlage dieses bisherigen Wissens nicht beantwortet werden können. Erkenntnisprobleme sind der ideelle Ausgangspunkt einer jeden Forschung. Beim wissenschaftlichen Problem sind die Fragen durch das vorhandene wissenschaftliche Wissen begründet, aber nicht beantwortet. Jedes Problem ist ein Wissen über Situationen in der Tätigkeit, in denen das verfügbare Wissen nicht genügt, Ziele erreichen zu können, und deshalb entsprechend zu erweitern ist. Im engeren Sinne wird die Kenntnis eines derartigen Wissensmangels nur

14 Ebenda, S. 3.

15 Ebenda.

16 Popper, K., *Logik der Forschung*. Wien: Julius Springer Verlag 1935, S. 4; zweite erweiterte Auflage (Tübingen: J. B. C. Mohr 1966), S. 6.

dann Problem genannt, wenn das fehlende Wissen nirgends verfügbar ist, sondern neu gewonnen werden muss. Ein Problem löst sich in dem Maße auf, wie neues Wissen als begründete Informationen die Fragen, die ein wissenschaftliches Problem repräsentieren, beantwortet.

Auch in neueren Lehrbüchern der Wissenschaftstheorie¹⁷ wird der Grundbegriff „Problem“ nach wie vor stiefmütterlich behandelt. Im Unterschied dazu ist das Problem bereits bei antiken Philosophen wie Plato¹⁸ und Aristoteles¹⁹ ein wichtiger Begriff, wo er ein Wissen über ein Nichtwissen bezeichnet. Nach Aristoteles müssen erst alle Schwierigkeiten im Problem in Betracht gezogen werden, weil man sonst nicht weiß, was man sucht und ob das Gesuchte jeweils schon gefunden wurde oder nicht. Aristoteles entwickelte dafür eigens eine Lehre von den Schwierigkeiten, eine Aporetik. In der neueren Philosophie haben sich unter anderen Descartes, Leibniz und Kant mit Problemtheorie beschäftigt. Descartes forderte wie Aristoteles, ein Problem selbst vollkommen einzusehen, wenngleich man seine Lösung noch nicht weiß; vor allem muss man sich hüten, nicht mehr oder nichts Bestimmteres, als gegeben ist, vorauszusetzen.²⁰ Leibniz zufolge sind technisches Erfinden und Gewinnen neuer Erkenntnisse analoge Seiten einer *ars inveniendi*; dem kombinierenden Teil, der die Probleme ausfindig macht und den Plan zu ihrer Lösung entwirft, folgt der analytische Teil, der die Lösung bringt.²¹ Unter einem Problem versteht Leibniz „die Fragen, die einen Teil des Satzes unausgefüllt lassen.“²² Für Kant sind „Probleme demonstrable, einer Weisung bedürftige Sätze, oder solche, die eine Handlung aussagen, deren Art der Ausführung nicht unmittelbar gewiß ist. Zum Problem gehört erstens die Quästition, die das enthält, was geleistet werden soll, zweitens die Resolution, die die Art und Weise enthält, wie das zu Leistende könne ausgeführt werden, und drittens die Demonstration, daß, wenn ich so werde verfahren haben, das Geforderte geschehen werde.“²³ Im 20. Jahrhundert sind verschiedene Ansätze einer Problemtheorie vorgestellt worden. Waren es bis in die fünfziger

17 Vgl. u. a. Balzer, W., *Die Wissenschaft und ihre Methoden. Grundsätze der Wissenschaftstheorie*. Ein Lehrbuch. Freiburg-München: Verlag Karl Alber 1997. S. 20-23.

18 Plato, *Dialog Politikos*. 291 St. Leipzig 1914, S. 81.

19 Aristoteles, *Metaphysik*. 982 b 17; 995 a 24-995 b 4. Berlin 1960. S. 21, 54.

20 Descartes, R., *Regeln zur Ausrichtung der Erkenntniskraft*. Berlin: Akademie-Verlag 1972.

21 Leibniz, G. W., *Dissertatio de arte combinatoria*. – In: Leibniz, G. W., *Sämtliche Schriften und Briefe*. Sechste Reihe: Philosophische Schriften. Erster Band 1663 – 1672. Berlin 1972. S. 163 – 230; Leibniz, G. W., *De arte inveniendi* (1675(?)). – In: Leibniz, G. W., *Sämtliche Schriften und Briefe*. Sechste Reihe: Philosophische Schriften. Dritter Band 1672 – 1676. Berlin 1980. S. 428-432.

22 Leibniz, G. W., *Neue Abhandlungen über den menschlichen Verstand*. Zweiter Band. Frankfurt am Main 1961. S. 255.

Jahre unter anderem Untersuchungen zum Problembewußtsein (vgl. N. Hartmann 1921²⁴; Wein 1937²⁵) und Analysen der Strukturformen der Probleme (vgl. Hartkopf 1958²⁶), so häufen sich seit den sechziger Jahren Arbeiten zu Struktur und Funktion des Problems in der Wissenschaft (vgl. Sharikow 1965²⁷; Bunge 1967²⁸; Parthey 1968²⁹; Popper 1972³⁰; Laudan 1977³¹; Weiß 1979³²; Nickles 1981³³; Kleiner 1985³⁴), in denen Forschung zunehmend als Erkennen von Problemsituationen und Bearbeiten sowie Lösen von Problemen methodologisch modelliert wird.

3. *Phantasie in der Variation beim Formulieren und methodischen Bearbeiten von Erkenntnisproblemen*

Phantasie in der Forschung bringt neues Formulieren und neues methodisches Bearbeiten von Erkenntnisproblemen hervor. Voraussetzung dafür ist die Fähigkeit, alte Denkgewohnheiten und bisherige Sichtweisen aufzugeben und neue Verknüpfungen herzustellen, vor allem neue Beziehungen zwischen gegebenen Daten aufzufinden. Bereits mehr oder weniger kleine Veränderungen des Zusam-

- 23 Kant, I., Logik. Ein Handbuch zu Vorlesungen. – In: Kant, I., Gesammelte Schriften. Bänd 9. Berlin-Leipzig 1923. S. 112.
- 24 Hartmann, N., Grundzüge einer Metaphysik der Erkenntnis. Berlin-Leipzig 1921. S. 70-72.
- 25 Wein, H., Untersuchungen über das Problembewußtsein. Berlin 1937.
- 26 Hartkopf, W., Die Strukturformen der Probleme. Berlin 1958.
- 27 Sharikow, J. S., Naucnaja problema. – In: Logica naucnogo issledovanija. Orveetsvennye redaktori: P. W. Kopnin / M. P. Popowitsch. Moskva 1965. S. 19 – 44. Deutsch: Sharikow, J. S., Das wissenschaftliche Problem. – In: Logik der wissenschaftlichen Forschung, Hrsg. v. P. W. Kopnin u. M. V. Popowitsch. Berlin 1969. S. 31-63.
- 28 Bunge, M., Scientific Research. Vol. I: The Search for System. Berlin-Heideelberg-New-York 1967.
- 29 Parthey, H., Das Problem als erkenntnistheoretische Kategorie. – In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin). 16(1968) Sonderheft. S. 162 – 170. Vgl. Parthey, H., Problem/Problemlösen, I. Problemlösungstheorien. – In: Europäische Enzyklopädie zu Philosophie und Wissenschaften. Band 3 L – Q. Hrsg. v. Hans Jörg Sandkühler. Hamburg: Felix Meiner Verlag 1990. S. 878 – 879.
- 30 Popper, K. R., Objective Knowledge. Oxford 1972.
- 31 Laudan, L., Progress and Its Problems. Toward a Theory of Scientific Growth. Berkely-Los Angeles-London 1977.
- 32 Weiß, R., Die Leistungsfähigkeit kritisch-rationalistisch geleiteter Wissenschaft. Wissenschaft als Problemlösung und Problemproduktion. Freiburg 1979.
- 33 Nickles, Th., What is a Problem that we may solve it ? – In: Synthese (Dortrecht-Boston). 47(1981)3, S. 85 – 118.
- 34 Kleiner, S. A., Interrogatives, Problems an Scientific Inquiry. - In: Synthese (Dortrecht-Boston). 62(1985)3, S. 365 – 428.

menhangs von Problemfeldern und Methodengefügen können eine Instabilität bisheriger Forschungssituationen einleiten, die dann in einem weiteren Schritt mit einer Restabilisierung von nun neuen Forschungssituationen verbunden ist.³⁵

Beim wissenschaftlichen Problem sind die Fragen durch vorhandene Aussagen begründet formuliert, aber nicht beantwortet. Ein Problem löst sich in dem Maße auf, wie die im Problem gestellten Fragen durch neu gewonnene Aussagen beantwortet werden können.

In jedem Fall muss der kreative Wissenschaftler zwar ein Gefühl für die wirklich entscheidenden Fragen haben, aber er muss zugleich auch das richtige Gespür dafür haben, inwieweit es beim gegebenen Stand der Forschungstechnologie überhaupt möglich sein wird, die Probleme mit dem zur Verfügung stehenden oder zu entwickelnden Instrumentarium bewältigen zu können. Demnach können unter einer Forschungssituation solche Zusammenhänge zwischen Problemfeldern und Methodengefüge verstanden werden die es dem Wissenschaftler gestatten, die Problemfelder mittels tatsächlicher Verfügbarkeit an Wissen und Forschungstechnik methodisch zu bearbeiten.

Im Folgenden möchten wir drei Fälle der Variation beim Problemformulieren und im methodischen Vorgehen bei der Problembearbeitung in der Forschung unterscheiden, und zwar erstens Variationen im methodischen Vorgehen, zweitens Variationen beim Problemformulieren durch Modellieren und schließlich drittens Variationen beim Problemformulieren und methodischen Vorgehen.

3.1. Variation im methodischen Vorgehen – Entdeckung der Kernspaltung schwerer Atome im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie (Nobelpreis für Chemie 1944)

Mehr oder weniger kleine oder große Variationen im methodischen Vorgehen sind bei der Bearbeitung von Forschungsproblemen üblich. Auch für Otto Hahn und Fritz Straßmann (Lise Meitner hatte im Juli 1938 Berlin verlassen müssen) gab es Veranlassung Ende 1938 die chemische Art der bei der Uran-Neutron-Reaktion entstehenden Beta-Strahler nochmals zu untersuchen und dabei die Art der Neutroneneinwirkung auf das Uran, Dauer und Geschwindigkeit der Neutronen zu variieren. Interessant ist dabei, dass der Grundversuch nicht nur für die Entdeckung der Uranspaltung sondern auch für Otto Hahns Eintritt in die wissenschaftliche Forschung im Jahr 1904³⁶ entscheidend war, wie Walther Gerlach beschreibt: „Bei der Auskristallisation einer Salzlösung fallen chemisch ähnliche

35 Vgl. Parthey, H., Selbstorganisation der Wissenschaft in Forschungsinstituten. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. v. Werner Ebeling u. Heinrich Parthey. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. S. 55 – 80.

Elemente zusammen aus, zum Beispiel alle Erdalkalien oder im speziellen Fall mit dem Barium das nächst höhere Erdalkali Radium. Aber die Löslichkeit dieser beiden Salze ist nicht genau dieselbe; da die des Radiumsalzes ein wenig kleiner ist, scheidet sich bei Beginn der Auskristallisation mit viel Barium etwas mehr Radium ab als später. Wird diese frühzeitig unterbrochen, der zuerst sich bildende Niederschlag abfiltriert, wieder gelöst und erneut in gleicher Weise zur Kristallisation gebracht, so kann nach vielfacher Wiederholung dieser „Methode der fraktionierten Kristallisation“ das Radium im zunehmenden Maße angereichert werden. Die Methode ist auch durchführbar, wenn die gesuchte Substanz – hier das Radium – in kleinsten unwägbaren Mengen in der Lösung enthalten ist. Da sich Radium in das leicht erkennbare gasförmige Element, die radioaktive Radium-Emanation umwandelt, ist deren (aus ihrer Strahlung meßbare) Menge ein Kriterium für die Radiumanreicherung.“³⁷

Am Montag Abend 19. (Dezember 1938) schrieb Otto Hahn im Labor an Lise Meitner nach Stockholm: „Es ist nämlich etwas bei den Radium-Isotopen, was so merkwürdig ist, daß wir es vorerst nur Dir sagen ... Sie lassen sich von allen Elementen außer Barium trennen; alle Reaktionen stimmen. Nur eine nicht – wenn nicht höchst seltsame Vorgänge vorliegen: Die Fraktionierung funktioniert nicht. Unsere Radium-Isotope verhalten sich wie Barium. ... Wir wollen aber noch vor Institutsschluß etwas über die sogenannten Ra-Isotope für die „Naturwissenschaften“ schreiben, weil wir sehr schöne Kurven haben.“³⁸

Otto Hahn und Fritz Straßmann kommen in ihrer Publikation im ersten Januarheft 1939 der „Naturwissenschaften“ zum Schluß: „Unsere „Radiumisotope“ haben die Eigenschaften des Bariums; als Chemiker müßten wir eigentlich sagen, bei den neuen Körpern handelt es sich nicht um Radium, sondern um Barium; denn andere Elemente als Radium oder Barium kommen nicht in Frage.“³⁹ Für die Entdeckung der Kernspaltung erhielt Otto Hahn den Nobelpreis für Chemie 1944.⁴⁰

36 Hahn, O., A New Radio-Active Element, which Evolves Thorium Emanation. Preliminary Communication. (Comm. Sir William Ramsay). – In: Proc. Royal. Soc. (London). 76 A(1905), S. 115 – 117.

37 Gerlach, W., Otto Hahn. Ein Forscherleben unserer Zeit. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1984. S. 23.

38 Siehe ebenda, S. 85.

39 Hahn, O. / Straßmann, F., Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. – In: Naturwissenschaften. 27(1939), S. 11 – 15. Eingegangen am 22. Dezember 1938, Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.

3.2. *Variation beim Problemformulieren durch Modellieren – Modellierung der räumlichen Spiralstruktur der Desoxyribonucleinsäure im Cavendish Laboratory in Cambridge (England) unter Benutzung der durch Röntgenstrukturanalyse im King's College in London erhaltenen Daten (Nobelpreis für Physiologie und Medizin 1962)*

Bei einem wissenschaftlichen Erkenntnisproblem liegen die Problemformulierungen in einem solchen Reifegrad vor, dass einerseits alle Bezüge auf das bisher vorhandene Wissen nachweisbar nicht ausreichen, um ein wissenschaftliches Erkenntnisziel zu erreichen, und dass andererseits der Problemformulierung ein methodisches Vorgehen zur Gewinnung des fehlenden Wissens zugeordnet werden kann. In jedem Fall erfordert die Lösung eines Problems die Gewinnung von Wissen, und zwar so lange, bis die im Problem enthaltenen Fragen beantwortet sind, damit sich die für das gestellte Problem charakteristische Verbindung von Fragen und Aussagen auflöst.

So waren sich zum Beispiel Francis Crick und James Watson – nach Meinung von Francis Crick – „überzeugt, daß die Desoxyribonucleinsäure (DNS) wichtig sei, aber ich glaube, uns war beiden nicht klar, als wie wichtig sie sich erweisen sollte. Ursprünglich war ich der Ansicht, das Problem der Röntgenbeugungsmuster sei die Angelegenheit von Maurice (Maurice Wilkins) und Rosalind (Rosalind Franklin) und ihren Kollegen am King's College in London, aber mit der Zeit wurden sowohl Jim als auch ich ungeduldig, weil sie bei ihrer Arbeit nur so langsam vorankamen und ihre Methoden so umständlich waren. ... Der Hauptunterschied, was den Ansatz betraf, war, daß Jim und ich sehr genau darüber Bescheid wußten, wie die Alpha-Helix entdeckt worden war. Uns war klar, welche Schwierigkeiten die bekannten interatomaren Abstände und Winkel darstellten, und daß die Forderung, die Struktur müsse eine regelmäßige Helix sein, die Anzahl der freien Parameter drastisch einschränkte. Die Wissenschaftler am King's College standen einem solchen Ansatz eher ablehnend gegenüber. Vor allem Rosalind wollte soweit als möglich ihre experimentellen Daten ausnutzen. Ich vermute, sie war der Ansicht, ein Erraten der Struktur, indem man verschiedene Modelle ausprobieren und nur ein Minimum an experimentellen Daten heranzog sei zu gewagt.“⁴¹

40 Hahn, O., Von den natürlichen Umwandlungen des Urans zu seiner künstlichen Zerspaltung. (Nobelvortrag, gehalten 13.12.1946 in Stockholm). – In: Les Prix Nobel. The Nobel Prizes 1946. Stockholm: The Nobel Foundation 1948. S. 167 – 183.

41 Crick, F., Ein irres Unternehmen. Die Doppelhelix und das Abenteuer Molekularbiologie. München-Zürich: Piper 1988. S. 98 – 99.

Francis Crick und James Watson haben ihr entgültiges Modell der Doppelhelix der DNS (oder zumindest einer DNS-Drehung) am Samstag, den 7. März 1953 fertiggestellt. James Watson schrieb an Max Delbrück am 12. März 1953: „Unser Modell (ein gemeinsames Projekt von Francis Crick und mir) steht in keinerlei Beziehung zu den ursprünglichen oder zu den abgeänderten Pauling-Corey-Shoemaker-Modellen: es ist ein seltsames Modell und weist mehrere ungewöhnliche Züge auf. Doch da die DNS ja eine ungewöhnliche Substanz ist, schrecken wir vor keiner Kühnheit zurück. ... Wir haben sicher noch einen langen Weg vor uns, bevor wir seine Richtigkeit beweisen können. Wir benötigen zu diesem Zweck die Mitarbeit der Gruppe vom King's College in London, die – neben ziemlich guten Aufnahmen einer parakristallinen Phase – ganz ausgezeichnete Aufnahmen einer kristallinen Phase besitzt. Unser Modell ist allerdings im Hinblick auf die parakristalline Form aufgestellt worden, und bislang haben wir noch keine klare Vorstellung darüber, wie sich diese Spiralen zusammenschließen könnten, um die kristalline Phase zu bilden. An einem der nächsten Tage wollen Crick und ich eine Mitteilung an Nature senden und unsere Struktur als ein mögliches Modell vorschlagen. Gleichzeitig wollen wir aber ihren provisorischen Charakter betonen und das Fehlen eines Beweises zu ihren Gunsten. Selbst wenn sie falsch sein sollte, halte ich sie für interessant; denn sie liefert uns ein konkretes Beispiel einer aus komplementären Ketten gebildeten Struktur. Ist sie aber zufälligerweise richtig, dann kommen wir, glaube ich, ein kleines Stückchen weiter hinsichtlich der Art und Weise, wie sich die DNS selbst reproduziert. Aus diesen Gründen (und etlichen anderen) ziehe ich diese Modellart dem Modell von Pauling vor, das, selbst wenn es richtig wäre, nichts weiter über die Natur der DNS-Reproduktion aussagen würde.“⁴²

Am 25. April 1953 veröffentlichten Francis Crick und James Watson einen Artikel in der Zeitschrift „Nature“ (zusammen mit zwei Abhandlungen, die am King's College in London ausgearbeitet waren, die erste war von Maurice Wilkins, Alec R. Stokes und Herbert Wilson verfaßt worden, die zweite von Rosalind Franklin und R. G. Gosling⁴³ mit dem Titel „Die Molekularstruktur der Nukleinsäure“, im dem zum Schluß formuliert wurde: „Es ist uns nicht entgangen, daß die spezifische Paarbildung, die wir postuliert haben, unmittelbar einen möglichen Kopiermechanismus für das genetische Material nahe legt).“⁴⁴

42 James D. Watsons Brief an Max Delbrück, Cavendish Laboratory Cambridge 12. März 1953. – In: Watson, J. D., Die Doppelhelix. Ein persönlicher Bericht über die Entdeckung der DNS-Struktur. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt 1990. S. 182-183.

43 Franklin, R., Gosling, R., Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate, – In: Nature. 4356 (25. April 1953). S. 740 – 741.

Für die Entdeckung der molekularen Struktur der Nucleinsäuren und deren Bedeutung für den genetischen Code erhielten Francis Crick, James Watson und Maurice Wilkins (Rosalind Franklin war 1958 gestorben) den Nobelpreis für Physiologie und Medizin 1962.

3.3. *Variation beim Problemformulieren und methodischen Vorgehen – Erforschung der Photosynthese im Max-Planck-Institut für Biochemie (Nobelpreis für Chemie 1988)*

Die Entwicklung der Wissenschaft verläuft seit Mitte des 20. Jahrhunderts zunehmend als Großforschung in Form von Dachverbänden und sogenannten virtuellen Instituten. Damit werden weiterführende Fragen zum Verhältnis von Wissenschaftsdynamik und Selbstorganisation der Forschung aufgeworfen.

Das 1973 gegründete neue Max-Planck-Institut für Biochemie ist durch die Zusammenlegung von drei Instituten entstanden, nämlich dem Max-Planck-Institut für Biochemie, gegründet 1912 in Berlin-Dahlem als Kaiser-Wilhelm-Institut, dem Max-Planck-Institut für Eiweiß und Lederforschung ebenfalls als Kaiser-Wilhelm-Institut 1918 in Dresden gegründet, und dem Max-Planck-Institut für Zellchemie, gegründet 1954 in München. Mit diesem neuen Institut für Biochemie in Martensried bei München hat die Max-Planck-Gesellschaft ein Zentrum der Biowissenschaften geschaffen, dessen Konzept über den Begriff der Biochemie im engeren Sinne hinausgeht. Es umfaßt andere Disziplinen wie Zellbiologie und Biophysik ebenso wie eine hochentwickelte Datenverarbeitung. Ein übergeordnetes Ziel stellt das Verständnis der Funktion von Molekülen aufgrund ihrer Struktur dar. Auf diesem Gebiet erhielten drei Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Biochemie, Martensried bei München den Nobelpreis für Chemie 1988: Johann Deisenhofer, Robert Huber und Hartmut Michel. Gewürdigt wurde die „Erforschung des Reaktionszentrums der Photosynthese bei einem Purpurbakterium“. Die am Max-Planck-Institut für Biochemie durchgeführten Forschungsarbeiten versuchten die dreidimensionale Struktur des photosynthetischen Reaktionszentrums eines Bakteriums aufzuklären. In der Erforschung dieser häufigsten und – als unerläßliche Voraussetzung für das Leben auf der Erde – wichtigsten chemischen Reaktion in der Biosphäre gelang ein Durchbruch, dem Bedeutung auch für das Verständnis zentraler biologischer Prozesse zu kommt: Mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse wurde erstmals der atomare Aufbau eines der in Zellmembranen gebundenen Proteine entschlüsselt.

44 Watson, J. D., Crick, F. H. C., A Structure for Deoxyribonucleic Acid. – In: Nature. 4356 (25. April 1953). S. 738.

In seinem Nobel-Vortrag schildert Hartmut Michel den Vorgang einer ersten Variation im methodischen Problembearbeiten: „Wie so häufig bei neuen wissenschaftlichen Entwicklungen und technischen Erfindungen war es eine zufällige Begegnung, die den Anstoß für die Experimente gab, die schließlich zur Aufklärung der dreidimensionalen Struktur eines photosynthetischen Reaktionszentrums führten: Im August 1978 beobachtete ich, dass lipidfreies Bakteriorhodopsin (...) bei Aufbewahrung im Tiefkühlschrank feste, vermutlich glasförmige Aggregate bildete (...) Von da an war ich überzeugt, dass es möglich sein sollte, nicht nur diese Festkörper, sondern auch dreidimensionale Kristalle herzustellen (...) Zu dieser Zeit arbeitete ich an der Universität Würzburg als „post doc“ im Labor von Dieter Oesterhel.“

Die Veröffentlichung über die Hartmut Michel gelungene Kristallisation von Protein-Membranen in einem Sammelband „Enzymes, Receptors and Carriers of Biological Membranes“ 1984 teilt nur die Abteilung Membranbiochemie mit⁴⁵- zu einem Thema, mit dem sich Hartmut Michel auch 1986 an der Ludwig-Maximilian Universität habilitierte.⁴⁶

Hartmut Michel und Johann Deisenhofer hatten das Reaktionszentrum der Photosynthese bei einem Purpurbakterium im Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried bei München in den Jahren zwischen 1982 und 1985 aufgeklärt und wurden dafür bereits 1988 mit den Nobelpreis für Chemie geehrt. Der dritte Nobelpreisträger für Chemie im Jahre 1988 Robert Huber war der Abteilungsleiter von Johann Deisenhofer als Hartmut Michel im Frühjahr 1982 um Kooperation gebeten hatte, für die Robert Huber in einer über die Abteilungsgrenzen hinaus selbstorganisierten Zusammenarbeit auch die Voraussetzungen geschaffen hatte, die Struktur großer Biomoleküle zu ermitteln und theoretisch zu erklären. Robert Huber hat vor allem dazu beigetragen, wie die Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse von Johann Deisenhofer und Hartmut Michel zu erklären waren.

4. *Kriterien der Wissenschaftlichkeit beim methodischen Problemlösen*

Hinsichtlich der Entwicklung von Problemen in der Wissenschaft sind die in Hans Reichenbachs letztem Buch (aus dem Jahre 1951) enthaltenen Überlegungen von Interesse, denn danach werden Probleme „nicht mit Hilfe von spekulati-

45 Michel, H.: Crystallization of two membrane proteins: Bakteriorhodopsin and photosynthetic reaction centers. – In: Enzymes, Receptors and Carriers of Biological Membranes. Ed. by A. Azzi et al. Berlin-Heidelberg: Springer 1984. S. 39 – 43.

46 Michel, H., Kristallisation von Membranproteinen. Habilitation an der Ludwig-Maximilian-Universität München 1986.

von Verallgemeinerungen oder poetischen Beschreibungen der Beziehungen zwischen Mensch und Welt, sondern durch technische Arbeit gelöst."⁴⁷

Und „der Anteil an technischer Arbeit, der zur Lösung eines Problems nötig ist, geht über das Vermögen eines einzelnen Wissenschaftlers hinaus. Das bezieht sich nicht nur auf die langwierige Arbeit, die mit experimentellen Untersuchungen und ebenso mit reinen Naturbeobachtungen verbunden ist, sondern auch auf den logischen und mathematischen Aufbau einer Theorie."⁴⁸ Dabei ist das Ziel der Induktion für Hans Reichenbach, „Ereignisfolgen zu finden, bei denen die Häufigkeit des Eintreffens eines bestimmten Ereignisses einem Grenzwert zustrebt."⁴⁹

Forschungstheoretisch ist der Reichenbachsche Ansatz interessant, nach dem das wissenschaftliche Genie sich nicht darin offenbart, „daß es die induktiven Methoden verächtlich beiseite schiebt; im Gegenteil, es zeigt seine *denkerische Überlegenheit durch geschicktere Handhabung der Induktionsmethoden* (Hervorhebung vom Autor, H.P.), die immer die eigentlichen Methoden der wissenschaftlichen Entdeckung bleiben werden."⁵⁰ Damit ist ein Grundproblem wissenschaftlichen Erkennens angesprochen: Die Phantasie von Forschern muß Kriterien der Wissenschaftlichkeit genügen, wenn wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritt erreicht werden soll. Dabei können Klassen von Kriterien der Wissenschaftlichkeit unterschieden werden.

4.1. Kriterien zur Feststellung der Wahrheit von Beschreibungen

Wahrheit kommt einer Behauptung zu, wenn der behauptete Sachverhalt existiert. Existiert der behauptete Sachverhalt nicht, dann ist die Behauptung auch nicht wahr sondern falsch. Diese Eigenschaft „wahr oder falsch“ aufgrund der Existenz oder Nichtexistenz behaupteter Sachverhalte kommt einer Behauptung objektiv zu, sobald sie aufgestellt worden ist. Charakteristisch für wissenschaftliche Aussagen ist, dass sie bei der Aufstellung und bei der Prüfung eines Systems von Aussagen verwendet und gewonnen werden, das in seiner Gesamtheit Gesetzmäßigkeiten eines Bereiches der Wirklichkeit erfasst.

Bei der Geburt der Wissenschaft wurden vor allem die bloße Beobachtungsmethode, die mathematische und die historische Methode verwendet, denn es wurde zwischen Epistemologischem und Technologischem so streng unterschieden,

47 Reichenbach, H., Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie. Braunschweig, 1977, S. 218.

48 Ebenda, S. 218.

49 Ebenda, S. 218.

50 Ebenda, S. 239 – 240.

dass das Experiment zur Wahrheitsfindung abgelehnt und nur die bloße Beobachtung ohne Experiment bevorzugt wurde. Das Experiment wurde in der Geburt der Wissenschaft mit dem Argument der Sicherung der wissenschaftlichen Integrität im methodischen Vorgehen der Forschung ausgeschlossen. Und das hat für die Wissenschaft zweijahrtausend Jahre gegolten. Erst mit Galileo Galilei kam der experimentell bedingten Beobachtung die Funktion zu, in all den Fällen, wo der behauptete Sachverhalt nicht direkt durch bloße Beobachtung festgestellt werden kann, zu versuchen, die hypothetisch behaupteten Sachverhalte durch Experimente hervorzurufen. Das bedeutete für Galilei die gesuchten Zusammenhänge durch experimentelle Anordnungen der Beobachtung stärker in Erscheinung treten zu lassen. Die Durchführung von Experimenten ist nur ein Schritt in der experimentellen Methode. Ihm geht voraus, dass Folgerungen aus der zu überprüfenden Hypothese gezogen werden, deren behauptete Sachverhalte im Experiment beobachtet werden können. Der Durchführung eines Experiments folgt die Deutung experimenteller Ergebnisse in Bezug auf die Hypothese nach. Deshalb können Experiment und experimentelle Methode nicht gleichgesetzt werden. Während die experimentelle Methode durch bestimmte Schritte und bestimmte logische Strukturen gekennzeichnet ist, sind dem Experiment bestimmte Merkmale eigen, und es kann in verschiedenen Arten auftreten.⁵¹

4.2. Kriterien zur Sicherung des Erklärens von Ereignissen

Beim wissenschaftlichen Erklären müssen die zu erklärenden Ereignisse bereits wahr beschrieben sein, sonst wüsste man nicht, was erklärt werden soll. Zur Erklärung eines wahr beschriebenen Ereignisses werden Aussagen über Ausgangs- und Randbedingungen des Ereignisses benötigt sowie mindestens eine Gesetzesaussage über den Wirklichkeitsbereich, in dem das zu erklärende Ereignis auftritt. Wenn es möglich ist, aus diesen genannten Aussagen die das zu erklärende Ereignis wahr beschreibenden Behauptungen aussagenlogisch zwingend abzuleiten, dann liegt eine wissenschaftliche Erklärung vor.⁵² Carl G. Hempel hat „spezifisch historischer Erklärungen untersucht und festgestellt, daß sie im wesentlichen dem einen oder anderen Basistyp wissenschaftlicher Erklärungen entsprechen. Das Ergebnis und die Argumente, die dazu beigetragen haben, implizieren in keiner Weise eine mechanische Deutung des Menschen, der Gesellschaft und historischer Prozesse, und sie leugnen natürlich auch nicht die Bedeutung von Ideen

51 Parthey, H. / Wahl, D., Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Berlin: Verlag der Wissenschaften 1966.

52 Hempel, C. G. / Oppenheim, P., Studies in the Logic of Explanation. – In: Philosophy of Science (Baltimore). 15(1948)2, S. 135 – 175.

und Idealen für menschliche Entscheidungen und Handlungen. Was diese Überlegungen tatsächlich nahelegen, ist vielmehr, daß die Natur des Verständnisses, in dem Sinne, in dem Erklärungen uns ein Verständnis empirischer Phänomene ermöglichen, in allen Bereichen wissenschaftlicher Forschung dasselbe ist.⁵³ Analoges gilt auch für sozialwissenschaftliches Erklären.⁵⁴ Ergibt die Berücksichtigung aller bereits vorhandenen Gesetzes- und Bedingungsansagen, dass sie nicht ausreichen, um aus ihnen Aussagen abzuleiten, die den zu erklärenden Ereignis beschreiben, dann liegt ein Erklärungsproblem vor. Der Analyse des gestellten Erklärungsproblems, insbesondere der Charakterisierung der zur Lösung noch fehlenden Gesetzes- und Bedingungsansagen, deren Gesamtheit zur Erklärung als sogenanntes Explanans herangezogen werden kann, folgt das Konzipieren und Aufstellen der zur Auflösung des Erklärungsproblems fehlenden Aussagen. Auf diese Weise kann die Bildung erklärender Hypothesen als schöpferischer Vorgang mit konstruktivem Charakter aufgefasst werden, in dessen Verlauf sich der Übergang von einem Satzsystem von Aussagen und Fragen, das ein Problem bedeutet, zu einem Satzsystem von Aussagen, das eine Hypothese bedeutet, vollzieht. Beschreibung und Erklärung sind zwei grundlegende Ziele einer jeden Forschung, wobei die gewonnene Erklärungskraft einer Theorie von praktisch weitreichender Bedeutung ist.

4.3. Kriterien zur Sicherung der weiterführenden Problematisierung

Für Kant besteht der Erkenntnisfortschritt im wesentlichen in einem Fortschreiten von Problemen zu tieferen Problemen, denn „wir mögen es anfangen, wie wir wollen, eine jede nach Erfahrungsgrundsätzen gegebene Antwort immer eine neue Frage gebiert, die eben sowohl beantwortet sein will.“⁵⁵ In diesem Sinn gelten in der Wissenschaft Kriterien zur Sicherung der weiterführenden Problematisierung, nach denen sich vor allem die Frage stellt, ob eine vorgeschlagene Lösungsvariante gleichzeitig zu neuen Forschungsproblemen führt (progressive Problemverschiebung) oder ob eine Hypothese lediglich Probleme auflöst ohne weitere aufzuwerfen (degenerative Problemverschiebung).⁵⁶ Neben Beschreibungen und

53 Hempel, C. G., Wissenschaftliche und historische Erklärungen. - In: Theorie und Realität. Ausgewählte Aufsätze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften. Hrsg. v. Hans Albert. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck 1964, 2. veränderte Auflage 1972. S. 237 - 261, hier S. 261.

54 Vgl. Mayntz, R., Sozialwissenschaftliches Erklären. Probleme der Theoriebildung und Methodologie. Frankfurt am Main / New York: Campus Verlag 2009; Maurer, A. / Schmid, M., Erklärende Soziologie. Grundlagen, Vertreter und Anwendungsfelder eines soziologischen Forschungsprogramms. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010.

55 Kant, I., Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird antreten können. Leipzig 1920. S. 123.

Erklärungen besteht ein weiteres Ziel der Forschung demnach auch in der Sicherung weiterer gedanklicher Ausgangspunkte zukünftiger Forschung, d. h. in der Entwicklung neuer Problemfelder der Forschung. Eine Unterschätzung dieser notwendigen Bedingung weiterer Forschung kann zu tiefgreifenden Deformationen in wissenschaftlichen Lehr- und Forschungseinrichtungen führen.

4.4. Angemessenheit klassifikatorischer, komparativer und messender Methoden zur Problembearbeitung

Methodisches Problembearbeiten verwendet in jeder der mathematischen, der historischen und der experimentellen Methode drei zur empirischen Unterscheidung von Sachverhalten wichtige Arten von Begriffen: klassifikatorische, komparative und metrische Begriffe.⁵⁷ Diese führen zur Konstituierung von drei weiteren – mit den erstgenannten drei kombinierten – Methoden der Klassifikation, der Komparation und der Messung. Solange eine Wissenschaft allein mit klassifikatorischen Begriffen auskommen will und doch genauer unterscheiden möchte, werden weitere klassifikatorische Begriffe eingeführt, was den Begriffsapparat aufbläht und mitunter unübersichtlich gestaltet. Abhilfe leisten bereits komparative Begriffe, mit denen sich der Wissenschaftler quantitativen Methoden zuwendet, die jedoch im wesentlichen erst mit metrischen Begriffen ihre volle Leistungsfähigkeit erreichen. Die Bedeutung der Metrisierung beruht letzten Endes auf den praktischen Ergebnissen, d. h. auf den numerischen Werten mit relevanter empirischer Interpretation, die eben durch verschiedene Messverfahren erreicht werden. Das primäre Kriterium der Messbarkeit mit Hilfe metrischer Skalen beruht auf einer im speziellen Wissenschaftsgebiet definierten und objektiv reproduzierbaren Maßeinheit. Das führt zur Herausbildung – wie es Albert Einstein am Beispiel der Physik formulierte – derjenigen „Gruppe von Erfahrungswissenschaften, die ihre Begriffe auf das Messen gründet, und deren Begriffe und Sätze sich mathematisch konstruieren lassen. Ihr Bereich ist also durch die Methode gegeben, als der Inbegriff der Erfahrungsinhalte, die sich mathematisch erfassen lassen.“⁵⁸ Die Angemessenheit messender Möglichkeiten zur methodischen Bearbeitung des gestellten Problems gehört zu einem Merkmal

56 Lakatos, I., Popper zum Abgrenzungs- und Induktionsproblem. – In: Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie. Hrsg. v. Hans Lenk. Braunschweig 1971. S. 75 – 128.

57 Hempel, C., Grundzüge der Begriffsbildung in der empirischen Wissenschaft. Braunschweig 1974.

58 Einstein, A., Das Fundament der Physik. – In: Science (Washington). 24. Mai 1940; Deutsch wiederabgedruckt in: Einstein, A., Aus meinen späten Jahren. Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt. 1984. S. 107.

der wissenschaftlichen Integrität von Forschungssituationen. Der Grund für das historische Aufkommen solcher Merkmale der wissenschaftlichen Integrität von Forschungssituationen liegt darin, dass funktionale Abhängigkeiten, insbesondere diejenigen, die drei und mehr Variable enthalten, nur mit Hilfe metrischer Begriffe wiedergegeben werden können.

Kriterien der Metrisierung sind ohne Zweifel für das Formulieren von Forschungsproblemen von Bedeutung, denn ein gutformuliertes Forschungsproblem sollte für alle Bestandteile entweder nur klassifikatorische oder nur komparative oder nur metrische Ausdrücke verwenden.⁵⁹ Daraus ergibt sich vor allem die Forderung nach einer durch Messverfahren gesicherten Konsistenz metrischer Ausdrücke, denn die zur Definition der Begriffe einer Theorie verwendeten Messverfahren müssen auch bei ihrer Überprüfung Verwendung finden. Andernfalls besteht die Möglichkeit, dass die bei der Überprüfung angewandten Messverfahren zur Definition von metrischen Begriffen verwendet werden, die nicht mit denen der zu überprüfenden Hypothese übereinstimmen. Ein Scheinpluralismus metrisch formulierter Theorien wäre die Folge und würde dem nicht Rechnung tragen, dass die Bestätigung neugewonnener Theorien allein von der Feststellung der in ihnen behaupteter Sachverhalte abhängt und nicht durch eine Neudefinition ihrer Begriffe ersetzt werden kann, die den bei ihrer Überprüfung angewandten Messverfahren entsprechen. Die Forderung nach Konsistenz metrischer Ausdrücke sowohl bei der Formulierung von Forschungsproblemen als auch bei ihrer methodischen Bearbeitung, d. h. bei der Aufstellung und Überprüfung von Hypothesen zur Problemlösung, richtet sich gegen das Aufkommen eines solchen Scheinpluralismus von Theorien. In jedem Fall sollte eine Problemverschiebung im methodischen Problembearbeiten vermieden werden.

Seit langem werden in Forschungssituationen mathematische Methoden mit der experimentellen und historischen Methode kombiniert, und das vor allem über die genannte Einführung metrischer Begriffe in Problem und Methode der Forschung, gestatten doch fachlich korrekt eingeführte metrische Begriffe eine Verwendung der Ergebnisse der metrischen Mathematik zur weitreichenden Erfassung funktionaler Abhängigkeiten mit bedeutender Erkenntnis- und Gesellschaftsrelevanz. Bei der Problemformulierung, hauptsächlich in neuartig interessanten Forschungssituationen, wird die Eingrenzung des Gegenstandsbereiches oft nicht gegeben sein. Aus diesem Grund wird oft das Problem umformuliert, damit geklärt wird, mit welcher der genannten Begriffsklassen es möglich ist, den Kern des Problems zu formulieren. Durch diese Transformation, die sinngemäß

59 Parthey, H., Struktur von Erklärungsproblemen bei metrischer Beschreibung des zu erklärenden Sachverhaltes. – In: Zeitschrift für Psychologie (Berlin). 4(1974), S. 394 – 399.

der ursprünglichen Formulierung entsprechen muss, wird die Grundlage für die Entscheidung gegeben, ob das gestellte Problem in ein Messproblem umformuliert werden kann. Nur unter diesen Umständen ist es möglich, zu untersuchen, ob die Bedingungen der Metrisierung erfüllt sind. Für die Problemformulierung genügt es, die theoretischen und methodologischen Aspekte der Metrisierung als konzeptionelle Basis des Messens in Erwägung zu ziehen. Erst bei der Problembearbeitung zeigt sich die Bedeutung des Messens. Ohne praktisch durchführbare Messungen, die zu empirisch signifikanten, operationell realisierbaren und statistisch relevanten Messergebnissen führen, wäre eine Metrisierung der Problemformulierung mindestens fragwürdig. Eine Metrisierung der Problemformulierung, die sich nur als ein mathematisches Modellieren versteht, kann vom mathematischen Standpunkt interessant sein, ist aber vom Standpunkt der konkreten Wissenschaft weniger von Belang. Problemverschiebungen dieser Art sind in Forschungssituationen im Sinne ihrer wissenschaftlichen Integrität zu vermeiden.

4.5. *Disziplinierung der Interdisziplinarität von Problem und Methode*

Wissenschaftsdisziplinen unterscheiden sich durch ihre Art und Weise, nach weiteren Erkenntnissen zu fragen, Probleme zu stellen und Methoden zu ihrer Bearbeitung zu bevorzugen, die auf Grund disziplinärer Forschungssituationen als bewährt angesehen werden. In diesem Sinne ist eine Forschungssituation disziplinär, wenn sowohl Problem als auch Methode in bezug auf dieselbe Theorie formuliert bzw. begründet werden können. In allen anderen Fällen liegen disziplinübergreifende – in Kurzform als interdisziplinär bezeichnete – Forschungssituationen vor, die insgesamt wissenschaftlich schwerlich beherrschbar sind, letztlich erst wieder dann, wenn Problem und Methode durch Bezug auf erweiterte bzw. neu aufgestellte Theorien in genannter disziplinärer Forschungssituation formuliert und begründet werden können.⁶⁰

5. *Wissenschaft als publiziertes methodisches Problemlösen*

Wissenschaftliche Erkenntnisse ergeben sich, wenn die Phantasie von Forschern den Kriterien der Wissenschaftlichkeit genügt. Die Wissenschaft ist nun zur Objektivierung von Erkenntnis auf die Reproduktion ihrer Erstgewinnung angewiesen. Dies schließt aber auch die Wiederholbarkeit an anderen Ort und zu

60 Parthey, H., Kriterien und Indikatoren interdisziplinären Arbeitens. – In: Ökologie und Interdisziplinarität – eine Beziehung mit Zukunft? Wissenschaftsforschung zur Verbesserung der fachübergreifenden Zusammenarbeit. Hrsg. v. Ph. W. Balsinger, R. Defila u. A. Di Giulio. Basel-Boston-Berlin: Birkhäuser 1996. S. 99 – 112.

anderer Zeit durch andere wissenschaftlich Tätige ein, was schriftlicher Dokumente bedarf, deren Leser die Erkenntnisproduktion nachvollziehen können. Mit anderen Worten: Wissenschaft kommt ohne einen schriftlichen Bericht über die Entstehung von Neuem nicht aus.⁶¹

Wissenschaftliche Texte dienen nicht nur der wissenschaftlichen Kommunikation, sondern sind erforderlich zur Nachvollzieh- und Wiederholbarkeit der stets zuerst subjektiven Entdeckungen und Erfindungen durch andere wissenschaftlich Tätige. Wir möchten betonen, dass Publikationen in der Wissenschaft eine Funktion erhalten haben, die einmal herausgebildet, bestehen bleiben wird. Es geht dabei weniger um ein Angebot zum wissenschaftlichen Meinungsstreit, sondern vor allem um eine Darstellung von Problem und Methode erfolgreicher Forschung, die unabhängig von Ort und Zeit der Veröffentlichung eine Reproduzierbares gestattet, wodurch die Entpersonalisierung des Neuen in der Wissenschaft gesichert wird. Ohne auf ein schriftliches Dokument zurückgreifen zu können, das die Entstehung des Neuen nachvollziehbar beschreibt, hätten außer den Schöpfern des Neuen keine anderen Wissenschaftler je eine Chance, das Neue nachzuvollziehen und auf seine Wahrheit hin zu überprüfen. Jeder, der neues Wissen in methodischer Bearbeitung eines Problems erzeugt hat, steht bekanntlich vor der Schwierigkeit, seine kreative Leistung in einem auch für andere les- und verstehbaren Dokument so darzustellen, damit andere Wissenschaftler das vom Autor neu Gefundene auch methodisch nachvollziehen können. Darin besteht die grundsätzliche Funktion der Publikation in der Wissenschaft.

61 Parthey, H., Publikation und Bibliothek in der Wissenschaft. – In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 67 – 89.

Was sind kreative Forschungsleistungen? Konzeptuelle Überlegungen sowie Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte und bibliometrische Befunde¹

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.² 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.³ 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.⁴

Der allgemeine Kreativitätsbegriff bedarf einer Konkretisierung für das System Wissenschaft. Hierfür bieten sich Überlegungen Luhmanns an.⁵ 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.⁶ Beide Teilkriterien sind im Verfahren des Peer Review formal institutionalisiert.⁷ 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.⁸ 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.”⁹ .

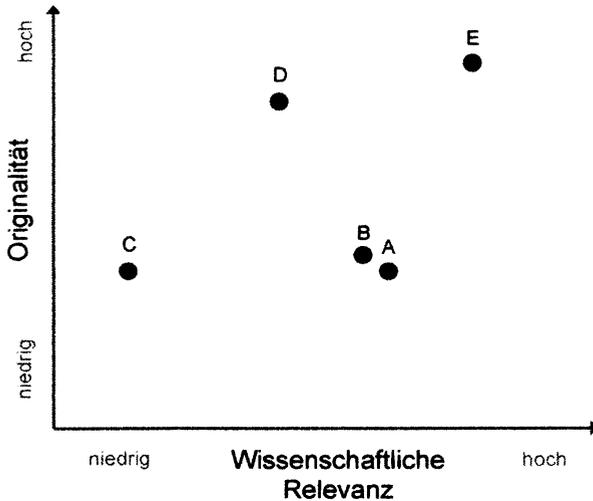
2. Was unterscheidet kreative von anderen Forschungsleistungen?

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

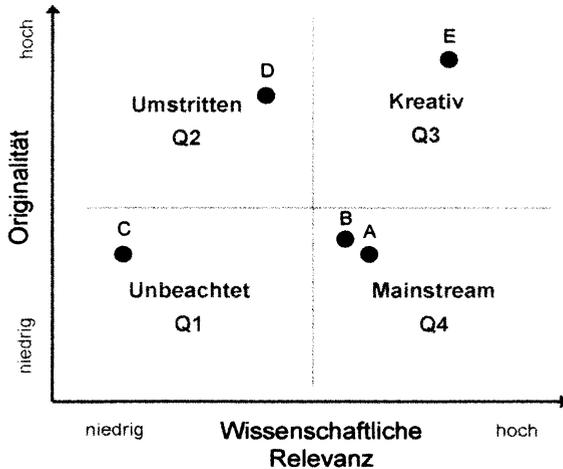
- 7 Bornmann, Lutz / Daniel, Hans-Dieter, The manuscript reviewing process: Empirical research on review requests, review sequences, and decision rules in peer review. – In: Library and Information Science Research. 32(2010), S. 5-12; Cicchetti, Domenic V., The reliability of peer review for manuscript 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 berechtigte 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 Normalwissenschaft¹⁰ 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" ¹¹ 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. ¹² Der Quantenmechanik zufolge ist eine Auflösung in der Größe eines Atoms aufgrund des Heisenberg'schen Unschärfepinzips nicht möglich. ¹³ 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. ¹⁴ 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.”¹⁵

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.¹⁶ Zitationen sind von besonderem Interesse, weil sie sich als Indikator für die Anschlussfähigkeit von Publikationen eignen.¹⁷ 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.¹⁸ 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.¹⁹

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.²⁰ Das heißt, dass ein Fünftel aller publizierten Beiträge langfristig ohne Beachtung bleibt.

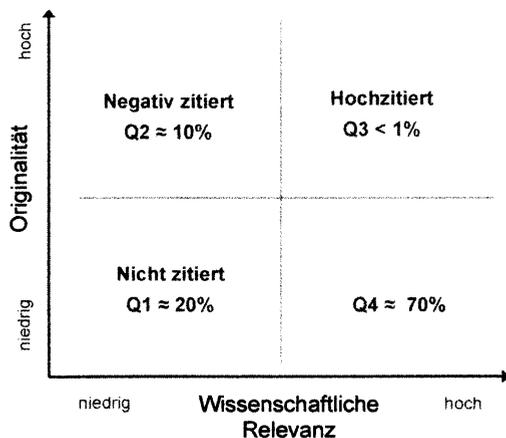
Um den Anteil umstrittener Beiträge (Q2) zu schätzen, können negative Zitationen herangezogen werden, das heißt Referenzen, die explizit Inhalte der zitierten Quelle ablehnen. Im Gegensatz zu Q1 liegen nur empirische Schätzungen zu solchen negativen Zitationen vor. Shadish und andere²¹ ermitteln einen Anteil von etwa 9 Prozent und Moed²² 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.²³ 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. Moed²⁴ 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*²⁵ oder als *delayed recognition*²⁶ bezeichnet. Eine bibliometrische Schätzung des Übergangs von Q1 nach Q3 haben Glänzel und andere²⁷ und van Raan²⁸ 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.²⁹

- 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.³⁰ 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.“³¹ 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.“³²

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.³³ 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 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.”³⁴ 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 Popper³⁵ vertreten, sondern auch von Kuhn³⁶, Merton³⁷ und Lakatos³⁸. 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”.³⁹ 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.⁴⁰

Die Gleichsetzung von herausragenden wissenschaftlichen Leistungen mit theoretischen Neuerungen ist seit den 1980er Jahren immer wieder kritisiert worden.⁴¹ Diese Kritik hat sich vor allem an dem geringen Stellenwert, den das Experiment in der traditionellen Wissenschaftsphilosophie und –soziologie einnimmt, entzündet.⁴² Besonders deutlich ist die Kritik von Rheinberger⁴³ und Shinn und Jörges⁴⁴ 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.⁴⁵ Das bedeutet, dass die Entwicklung eines bestimmten Problemhorizonts ohne die experimentelle Textur gar nicht richtig erfasst werden kann.⁴⁶ 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 Jörges⁴⁷ 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.⁴⁸ Die Autoren zeigen, dass neue Forschungsinstrumente nicht ausschließlich in der akademischen Forschung, sondern auch in Unternehmen entwickelt werden.⁴⁹ 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, Cooper, Schrieffer, 1957) Kritische Phänomene im Phasenübergang (Wilson, 1971)
Neue Methoden und Techniken	Verteilungschromatographie (Martin, Synge, 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”.⁵⁰ 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. Shapin⁵¹ 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 Shapin⁵² 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°C supraleitend wurde.⁵³ Nach diesem Durchbruch begannen hunderte Laboratorien weltweit mit der Suche nach ähnlichen und besseren Materialien.⁵⁴

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.⁵⁵ 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°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.⁵⁶ 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.⁵⁷

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.⁵⁸ 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.⁵⁹ Ruskas Biographie fügt sich somit gut in die Beschreibung von Shinn und Jörges⁶⁰ 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 Kuhn⁶¹ 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.⁶² 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.⁶³

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.

Kreativität in der Forschung und Kommerzialisierung wissenschaftlicher Ergebnisse

Einführung

Es zählt zu den Eigenarten öffentlicher Rhetorik, wenn auf der einen Seite die Wirtschafts- und Regionalpolitik die Bedeutung der „Kreativwirtschaft“ betonen und zahlreiche Programme zur Förderung dieser Kreativwirtschaft einführen,¹ Unternehmen im Rahmen von „open innovation“ die Einbindung von Kunden, Intermediären und Kooperationspartnern als Ausweitung ihrer „kreativen Basis“ definieren und zugleich auf der anderen Seite in der Forschung und Lehre eine „Ökonomisierung“ als Gefahr für die bestehende Kreativität angesehen wird.² Offenkundig existieren begriffliche Unklarheiten und konzeptuelle Unschärfen, die eine Auseinandersetzung mit der Rolle von Kreativität in der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung erschweren. Der folgende Beitrag beschäftigt sich daher mit der Rolle von Kreativität auf einzel- und gesamtwirtschaftlicher Ebene und daraus abgeleitet mit den Voraussetzungen für eine Vereinbarkeit von Kreativität in der Forschung und einer Verwendung wirtschaftlicher Kriterien zur Beurteilung der Ergebnisse dieser Kreativität sowie der Gestaltung von Rahmenbedingungen für wissenschaftliche Forschung. Hierzu werden zunächst die begrifflichen Ursprünge von Kreativität und Kommerzialisierung aus ökonomischer

- 1 Vgl. exemplarisch Müller, K.; Rammer, C.; Trübny, J.: The role of creative industries in industrial innovation, ZEW Discussion Paper 08-109, Mannheim 2008; Wedemeier, J.: The impact of creativity on growth in German regions, SUSDIV Discussion Paper 14.2010, Mailand 2010 sowie Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Monitoring zu ausgewählten wirtschaftlichen Eckdaten der Kultur- und Kreativwirtschaft 2010, Berlin 2012.
- 2 Vgl. auch hier exemplarisch Weingart, P.: Ökonomisierung der Wissenschaft. - In: Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin, 16 (2008) 4, S. 477-484; Evans, J.A.: Industry collaboration, scientific sharing and the dissemination of knowledge. - In: Social Studies of Science, 40 (2010) 5, S. 757-791; Heuer, A.; Schulze, C.: Welche Auswirkungen hat die Ökonomisierung der Wissenschaft auf die Arbeit der Forscher? Oldenburg Studies for Europeanisation and Transnational Regulation, No. 21, Oldenburg 2012.

Sicht betrachtet, um hieraus Herausforderungen für die Verknüpfung ökonomischer Konzepte mit den Voraussetzungen für Kreativität in der Forschung herzuleiten. Hieran schließt sich eine Beschreibung bestehender Konzepte zur Überwindung dieser Herausforderungen an, um abschließend aus einer Beurteilung dieser Konzepte Empfehlungen für eine Anpassung theoretischer Konzepte und ökonomischer Rahmenbedingungen für Kreativität in der Forschung herzuleiten.

1. *Kreativität und Kommerzialisierung - unaufhebbare Widersprüche?*

Kreativität wird in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und in Abhängigkeit unterschiedlicher empirischer Methoden sehr verschieden definiert. Gemeinsamkeiten bei der Verwendung des Begriffs Kreativität beziehen sich in der Regel auf Abweichungen von bestehenden Ideen, Problemlösungen oder Produkten und der hierdurch entstehenden Originalität.³ In Psychologie und Erziehungswissenschaft wird Kreativität durch den Begriff „production of effective novelty“⁴ eingegrenzt. Neben die Neuheit tritt hierbei die Nutzbarkeit bzw. die Akzeptanz der Neuheit als Voraussetzung, um von Kreativität sprechen zu können. Diese Perspektive ist sehr nahe an der Definition einer Innovation, die aus ökonomischer Sicht voraussetzt, dass es sich um eine Neuheit handelt, die sich im Markt durchsetzt und damit dort auf Akzeptanz stößt.⁵ Im Unterschied zu diesem Innovationsbegriff verbleibt das Verständnis von Akzeptanz beim Kreativitätsbegriff allerdings allgemeiner. Jedes Referenzsystem schafft somit seine eigenen Akzeptanzkriterien für die Identifizierung von Kreativität.

- 3 Vgl. beispielhaft hierzu der Versuch zur Entwicklung eines semantisch begründeten „Kreativitätsquotienten“, bestehend aus der Anzahl neuartiger Ideen und der Vielfalt an Kategorien, die von diesen Ideen beeinflusst werden, Bossomaier, T.; Harre, M.; Knittel, A.; Snyder, A.: A semantic network approach to the creativity quotient (CQ). – In: *Creativity Research Journal*, 21 (2009) 1, S. 64-71.
- 4 Verwendungen dieser Begrifflichkeit finden sich bei Sternberg, R. J.; O’Hara, L.A.: *Creativity and Intelligence*. – In: Sternberg, R. J. (Hrsg.): *Handbook of Creativity*, New York, Cambridge University Press 1998, S. 251-272; Mumford, M.D.: *Where have we been, where are we going? Taking stock in creativity research*. – In: *Creativity Research Journal*, 15 (2003) 2/3, S. 107-120; Aldous, C.R.: *Creativity, problem solving and innovative science: Insights from history, cognitive psychology and neuroscience*. – In: *International Education Journal*, 8 (2007) 2, S. 176-186.
- 5 Vgl. hierzu und zur Abgrenzung gegenüber alternativen Verständnissen vom Innovationsbegriff Wink, R.: *Die Rolle der Nachfrage im Innovationsprozess. Eine evolutiv-institutionenökonomische Perspektive*. – In: *Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006*. Hrsg. von Heinrich Parthey u. Günter Spur. Frankfurt am Main, Peter Lang 2007, S. 99 – 124.

Diese Abhängigkeit der Kreativitätskriterien vom Referenzsystem gilt auch für Kreativität in der Forschung. Zwar ist Wahrheit der allgemeine Maßstab wissenschaftlicher Forschungsqualität. Allerdings führt erst die Akzeptanz durch andere Forscher dazu, dass kreative Ergebnisse auch als Wahrheit anerkannt werden.⁶ Diese Orientierung an der Akzeptanz lenkt auch die Ansätze zur Messung wissenschaftlicher Kreativität.⁷ Empirische Studien beziehen sich zumeist auf Indikatoren der wissenschaftlichen Akzeptanz wie beispielsweise Zitierhäufigkeit und -breite sowie Preisverleihungen.⁸ Bei Forschern, die als kreativ oder zumindest besonders renommiert identifiziert werden, verweisen Studien auf eine eher breite, teilweise auch interdisziplinäre Ausrichtung sowie auf vielfältige Erfahrungen, auch durch zumindest zeitweilige Auslandsaufenthalte.⁹

Diese Beobachtung persönlicher Merkmale verbindet sich auch mit der Beschreibung kreativer Ergebnisse, die zumeist als Neukombination so bislang nicht in Verbindung gebrachter Teilergebnisse oder als Lösung einer neuartig definierten Problemstellung beschrieben werden.¹⁰ Voraussetzungen sind somit eine möglichst breite und vielfältige Erfahrung, gepaart mit der Fähigkeit und Bereitschaft zum Verlassen vertrauter Pfade der Problembestimmung und Lösungsfin-

- 6 Vgl. zur Auseinandersetzung um entsprechende Kriterien und Verfahren Parthey, H.: Phantasie in der Forschung und Kriterien der Wissenschaftlichkeit in diesem Band.
- 7 Vgl. zur Diskussion der Messung wissenschaftlicher Kreativität unter Beachtung von Input- und Outputkriterien wie auch der Rahmenbedingungen Stierna, J.; Villalba, E.: Is it possible to measure scientific creativity? Some first elements of reflection. Paper to the Conference „Can creativity be measured“, European Commission, Brüssel 2009.
- 8 Vgl. beispielhaft hierzu Heinze, T.; Shapira, P.; Senker, J.M.; Kuhlmann, S.: Identifying creative research accomplishments: methodology and results for nano technology and human genetics. – In: *Scientometrics*, 70 (2007) 1, 125-152 mit einem Überblick über alternative Erfassungsansätze; Hollingsworth, J. R.: High cognitive complexity and the making of major scientific discoveries. – In: Sales, A.; Fournier, M. (Hrsg.): *Communication and creativity*, Thousand Oaks, Sage 2007, S. 129-155 unter ausdrücklicher Vermeidung des Begriffs Kreativität und Weinberg, B.A.; Galenson, D.W.: *Creative careers: The life cycles of noble laureates in Economics*. NBER Working Paper 11799, Cambridge 2005.
- 9 Vgl. ergänzend zu den in der vorhergehenden Fußnote genannten Quellen Costas, R.; Leeuwen, T.N.v.; Bordons, M.: Referencing patterns of individual researchers: do top scientists rely on more extensive information sources? CWTS Working Paper Series WP-2012-001, University of Leiden 2012; Kurka, B.; Trippel, M.; Maier, G.: Understanding scientific mobility: Characteristics, location decisions and knowledge circulation. A case study of internationally mobile Austrian scientists and researchers, DYNREG Working Papers 30, Wien 2008.
- 10 Vgl. hierzu Smith, S.M.; Gerkens, D.R.; Shah, J.; Vargas-Hernandez, N.: Empirical studies of creative cognition in idea generation. – In: Thompson, L.; Choi, H. (Hrsg.): *Creativity and innovation in organizational teams*, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum 2006, S. 3-20 unter Bezugnahme auf Kreativität bei Design-Aufgaben sowie Dietrich, A.: The cognitive neuroscience of creativity. – In: *Psychonomic Bulletin & Review*, 11 (2004), S. 1011-1026.

derung. Auch die kognitive Hirnforschung verweist auf die Bedeutung der Verknüpfung unterschiedlicher Hirnareale, wie beispielsweise des Arbeitsgedächtnisses und emotionaler Areale, um kreative Problemlösungen hervorzubringen.¹¹ Ergänzend finden sich jedoch auch Hypothesen, die Entwicklung kreativer Problemlösungen könne durch gezielte Ausschaltung bewusster, aus bestehenden Erfahrungen hergeleiteter kognitiver Filter im menschlichen Gehirn erleichtert werden.¹²

Ausgehend von diesen Beobachtungen kommen sowohl theoretische als auch empirische Studien zu der Schlussfolgerung, dass wissenschaftliche Kreativität eng mit den folgenden institutionellen Voraussetzungen verknüpft ist:¹³

Rekrutierung exzellenter Forscher mit vielfältigen Erfahrungen und Forschungsinteressen,

Begrenzung der Forschungsteams auf wenige Mitglieder, aber mit zahlreichen Verknüpfungen zu anschlussfähigen Forschungsteams aus anderen Disziplinen,

Langfristigkeit der Finanzierungsgrundlagen und Verzicht auf präzise Antizipation der Forschungsergebnisse,

Toleranz von Forschungsrückschlägen und Akzeptanz von „Überraschungen“ bei der Durchführung von Forschungsprojekten

Genau diese Voraussetzungen, die jeweils auch mit der Weltgeltung entsprechender Forschungsstrukturen in Verbindung gebracht werden, gelten jedoch als zunehmend gefährdet.¹⁴ Als eine Ursache wird die Anwendung ökonomischer Kriterien bei der Gestaltung der Forschungsstruktur diskutiert. Sind ökonomische Perspektiven auf wissenschaftliche Forschung, ihre Organisation und Ergebnisse demnach zwangsläufig der Feind der Kreativität?

Es dauerte in den Wirtschaftswissenschaften lange, bis Kreativität in Modelle zur Erklärung wirtschaftlicher Entwicklung integriert wurde. Zwar richtete Jose-

- 11 Vgl. hierzu mit weiteren Verweisen Andreasen, N.C.: *The creating brain: the neuroscience of genius*, Washington, DC, Dana Press 2005.
- 12 Vgl. zur Bedeutung von Inkubationsphasen Ellwood, S.; Pallier, G.; Snyder, A.; Gallate, J.: *The incubation effect: Hatching a solution?* In: *Creativity Research Journal*, 21 (2009) 1, S. 6-14 sowie zur möglichen Bedeutung der Ausschaltung bewusster Kognitionsfilter Snyder, A.: *Explaining and inducing savant-like skills: privileged access to lower-level, less processed information.* – In: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B364 (2009), S. 1399-1405.
- 13 Vgl. unter anderen vor allem Jordan, G. B.: *Factors influencing advances in basic and applied research: variation due to diversity in research profiles.* – In: Hage, J.; Meeus, M. (Hrsg.): *Innovation, science and institutional change*, Oxford, Oxford University Press 2006, S. 173-195; Heinze, T.; Shapira, P.; Rogers, J. D.; Senker, J.M.: *Organizational and institutional influences on creativity in scientific research.* – In: *Research Policy*, 38 (2009), S. 610-623; Hollingsworth, J. R.; Hollingsworth, E. J.; Gear, D.: *Major discoveries, creativity and the dynamics of science*, Wien, Echoraum 2011.

ph A. Schumpeter den Blick auf die besondere Rolle findiger Unternehmer, die kreativ neue Märkte schufen und somit Entwicklungen anstießen.¹⁵ In den dominierenden neoklassischen Modellen war jedoch Kreativität als exogener Faktor außerhalb der Erklärungen und somit auch außerhalb der Empfehlungen an Politik oder Unternehmen.¹⁶ Endogene Erklärungen der Rolle technischen Fortschritts im Wachstumsprozess eröffneten die Möglichkeit zur Einbeziehung von Kreativität als Bestandteil des Humankapitals oder Technologiefaktor bei Investitionen in Forschung und Entwicklung.¹⁷ Kreativität steht hierbei in Verbindung mit radikalen Produkt- oder Prozessinnovationen, die im Unterschied zu inkrementalen, nur Verbesserungen bereits existierender Produkte und Prozesse beinhaltenden Innovationen Marktgegebenheiten grundlegend verändern.¹⁸

Radikale Innovationen werden als kompetenzerweiternd bezeichnet, wenn sie es den bereits im Markt befindlichen Akteuren ermöglichen, an ihren Kompetenzen anknüpfen.¹⁹ Dem stehen kompetenzerstörende Innovationen gegenüber, die im Schumpeter'schen Sinne zerstörerisch-kreativ wirken, existierende Kompetenzen entwerten und neuartige Kompetenzen einfordern. Die Beobachtung sol-

- 14 Vgl. Hollingsworth, J. R.: The dynamics of American science: An institutional and organizational perspective on major discoveries. – In: Beckert, J.; Ebbinghaus, B.; Hassel, A.; Manow, P. (Hrsg.): Transformationen des Kapitalismus, Frankfurt, Campus 2006, S. 361 – 380; Schimank, U.: Teilsystemische Autonomie und politische Gesellschaftssteuerung, Beiträge zur aktorszentrierten Differenzierungstheorie 2, Wiesbaden, VS 2006; Laudel, G.: The art of getting funded: How scientists adapt to their funding conditions. – In: Science and Public Policy, 33 (2006) 7, S. 488 – 504.
- 15 Vgl. Schumpeter, J. A.: Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmerrückgewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus, 9. Aufl., Berlin: Duncker & Humblot 1911 und zur Übertragung dieses Ansatzes in evolutive Modelle Witt, U.: Changing cognitive frames - changing organisational forms. An entrepreneurial theory of economic development. – In: Industrial and Corporate Change, 9 (2000), S. 733 – 755.
- 16 Vgl. Solow, R. M.: Technical change and aggregate production function. – In: Review of Economics and Statistics, 39 (1957), S. 312 – 320. Der technologische Wandel war in diesem Modellkontext so etwas wie ein „magic bullet“, das zu neuen volkswirtschaftlichen Wachstumspfaden führt, aber nicht erklärt werden konnte.
- 17 Vgl. Lucas, R. E.: On the mechanics of economic development. – In: Journal of Monetary Economics, 22 (1988), S. 3 – 42; Grossman, G. M.; Helpman, E.: Endogenous innovation in the theory of growth. – In: Journal of Economic Perspectives, 8 (1994), S. 23-44.
- 18 Vgl. Liyanage, S.; Wink, R.; Nordberg, M.; Managing path-breaking innovations. New York; Praeger 2006; Garcia, R.; Calantone, R.: A critical look at technological innovation typology and innovativeness. – In: Journal of Product Innovation Management, 19 (2002), S. 110-132.
- 19 Vgl. Abernathy, W.; Clark, K. B.: Innovation: mapping the winds of creative destruction. - In: Research Policy, 14 (1985), S. 3-22; Tushman, M. L.; Anderson, P.: Technological discontinuities and organizational environments. – In: Administrative Science Quarterly, 31 (1986) 3, S. 439 – 465.

cher Innovationen und der Möglichkeit, durch Investitionen in kreatives Humankapital und entsprechende Rahmenbedingungen die Chancen solcher Innovationen zu erhöhen, löst jedoch zugleich drei Herausforderungen aus ökonomischer Sicht aus: erstens Umgang mit Unsicherheit und Langfristigkeit, zweitens Umgang mit Kosteneffizienz und drittens Exklusivität der Kreativitätserträge.

1.1. Umgang mit Sicherheit und Langfristigkeit

Der Erfolg der Bemühungen um Kreativität in der Forschung ist aus ökonomischer Sicht von zusätzlicher Unsicherheit geprägt, da nicht nur die „Wahrheit“ aus der Forschung und die technologische Realisierbarkeit sicherzustellen ist, sondern erhöhte Erlöse oder Kostenersparnisse erreicht werden müssen. Dies bedeutet, Absatzmärkte für neue Produkte aufzubauen und sich zu erschließen oder neue Prozesse in der eigenen Organisation erfolgreich einzuführen.²⁰ Je radikaler die Neuheit (je kreativer die Ursprungsidee), desto höher wird auch das Risiko des Scheiterns eingeschätzt, da desto weniger Daten über bereits positive Erfahrungen vorliegen können. Aufgrund der längeren Zeiträume und der Abhängigkeit von breiten Erfahrungen, um wissenschaftliche Kreativität hervorbringen zu können, müssen investierende Organisationen in Kauf nehmen, zunächst Investitionsmittel zu „versenken“, ohne sicher sein zu können, später einen entsprechenden Gegenwert zu erhalten. Dieses Risiko ist selbst bei inkrementalen Innovationen gegeben und wird zumeist über eine Diversifizierung der Entwicklungsinvestitionen über mehrere Projekte aufgefangen, bei der erfolgreiche Investitionen weniger erfolgreiche Projekte mehr als kompensieren. Für diese Art Investitionen können auch Mittel über den privaten Markt für Risikokapital mobilisiert werden, der einen zusätzlichen Pool zur Diversifizierung der Risiken bildet.²¹ Bei radikalen Innovationen fehlt es jedoch an der notwendigen Datenbasis,

20 Vgl. zu entsprechenden Konzepten der Ausbreitung von Innovationen, die allerdings evolutive Prozesse nicht beinhalten und nach erfolgter Innovation von Netzwerktechnologien, Interaktionen mit Nachfragern und Konkurrenten sowie technologischen Fortschritten abstrahieren, Rogers, E. M.: *Diffusion of innovations*, 5th ed., New York, Free Press 2003 und zu Fortentwicklungen dieser Konzepte Rüggeberg, H.: *Innovationswiderstände bei der Akzeptanz hochgradiger Innovationen in kleinen und mittleren Unternehmen*, Working Papers of the Institute of Management Berlin, No. 51, Berlin 2009.

21 Vgl. zusammenfassend zu den Schwächen der Rahmenbedingungen für Wagniskapitalmärkte in Deutschland und hieraus entstehend den Defiziten vor allem beim Zugang gründungswilliger technologieorientierter Unternehmer zu Seed Capital Expertenkommission Forschung und Innovation: *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands*, Jahresgutachten, Berlin 2012.

um zumindest eine allgemeine Kalkulation der Diversifizierungsmöglichkeiten zu bieten.²² Selbst für solche Investitionen werden jedoch Kalkulationen benötigt, die Rückflüsse an die Investoren in wenigen Jahren ermöglichen. Bei hoher Kreativität ist diese Kalkulationsbasis nicht gegeben. Kreativität erfordert somit Einschränkungen bei der Kalkulierbarkeit von Investitionen.

1.2. Umgang mit Kosteneffizienz

Radikale Innovationen – selbst wenn sie kompetenzerweiternd wirken – bedürfen zunächst einer Entwicklungsphase, um gewinnsteigernd zu wirken. Neue Prozesse und Produktionsverfahren für neue Produkte müssen zunächst im Unternehmen erprobt werden, um im Zeitverlauf durch Standardisierung, Routinenbildung und Lernkurveneffekte zu Kostenersparnissen zu gelangen.²³ Die Gelegenheit zur Erprobung wird bei Produktinnovationen zudem in der Einführungsphase durch vergleichsweise geringe Nachfrage eingeschränkt, da der Markt zunächst erschlossen werden muss. Wenn diese Eintrittsbarrieren überwunden sind, kann es zu besseren Ergebnissen bei der Kosteneffizienz kommen. Ähnlich wird auch bei der Organisation wissenschaftlicher Forschung erwartet, durch Größenvorteile – im Sinne größerer Forschungsteams und höherer Kapitalintensität – bessere Ergebnisse für die Kosteneffizienz zu erzielen. Dem steht jedoch das Problem entgegen, bei steigender Teamgröße Steuerungsdefizite zu vermeiden und kreative Rahmenbedingungen beizubehalten.²⁴ Studien zu Marktentwicklungen kommen daher auch zu Aussagen, dass eine Marktkonsolidierung mit Wachstum der Organisationsgröße das Risiko der Stagnation bei der Entwicklung radikaler Innovationen beinhaltet, während radikale Innovationen häufig in Verbindung mit Spin-off-Organisationen oder zumindest in Zusammenarbeit mit relativ kleinen Organisationen verwirklicht werden.²⁵ Kreativität und

22 Vgl. zur abschreckenden Wirkung dieser Eigenschaft radikaler Innovationen von Hippel, E.; Thomke, S.; Sonnack, M.: *Creating breakthroughs at 3M.* – In: *Harvard Business Review*, 77 (1999) 5, S. 47 – 57 sowie zu einem Überblick über verhaltenswissenschaftliche Ansätzen zur Erklärung des Investorenverhaltens Barberis, N.; Thaler, R.: *A survey of behavioral finance.* – In: Constantinides, C. M.; Harris, M.; Stulz, R. M. (Hrsg.): *Handbook of the Economics of Finance*, Amsterdam, Elsevier 2003, S. 1053 – 1128.

23 Vgl. unter anderen Rüggenberg, a.a.O.; Gassmann, O.; Sutter, P.: *Praxiswissen Innovationsmanagement: Von der Idee zum Markterfolg*, München, Hanser 2010.

24 Vgl. Heinze, T. et al., a.a.O., S. 615ff.

25 Hierauf wird noch im vierten Kapitel ausführlicher eingegangen, vgl. einführend Martin, R.; Sunley, P.: *Conceptualising cluster evolution: beyond the life cycle model? Papers in Evolutionary Economic Geography*, No. 11-12; University of Utrecht 2011.

Diskontinuität erfordert daher häufig zumindest temporäre Rückschritte bei der Kosteneffizienz.

1.3. Exklusivität der Kreativitätserträge

Zentrale Motivation für Investitionen in Forschung und Entwicklung ist in ökonomischen Modellen die Aussicht auf – zumindest zeitweilige – Wettbewerbsvorteile, die sich in finanziellen Erträgen niederschlagen. Intellektuelle Eigentumsrechte sind ein typisches Instrument, um diese Ertragsbasis zu gewährleisten. Bei kreativen Forschungsergebnissen entstehen jedoch zwei Herausforderungen für diese Kalkulation. Zum einen können die Ergebnisse so weit vom bestehenden Geschäftsmodell des investierenden Unternehmens entfernt sein, dass sie nicht vom Unternehmen selbst genutzt werden können.²⁶ Auslizenzierungen oder Förderungen von Ausgründungen können in solchen Fällen als Einnahmequelle dienen, genügen jedoch nur in wenigen Fällen den Renditeerwartungen der internen Investoren.²⁷ Zum anderen – und dieser Aspekt erweist sich als gravierenderes Problem – erfordert die Entwicklung kreativer Ergebnisse Kooperationen mit Wissensträgern außerhalb der Organisation. Als Folge entstehen Spillover-Effekte, d.h. die Erkenntnisse stehen nicht exklusiv der investierenden Organisation zur Verfügung, sondern werden auch Projekte außerhalb der Organisation beeinflussen. Um die Interaktionen mit Kooperationspartnern in Forschung und Entwicklung zu verstärken, Konsumenten in den Prozess der kreativen Erschaffung neuer Produkte einzubinden und die Wissensbasis für die privaten Unternehmen zu erweitern, wird in zahlreichen Publikationen der Management-Literatur auf sogenannte „open innovation systems“ verwiesen.²⁸ Charakteristika dieses Modells sind der bewusste Verzicht der Unternehmen auf eine Exklusivität ihrer Wissensbasis und die Offenlegung des eigenen Wissens, um andere zur Ergänzung dieses Wissens einzuladen und ihren eigenen Ideenpool zu

26 Vgl. zu dieser Herausforderung für innovative Unternehmen Tushman; Anderson, a.a.O., S. 445ff.

27 Vgl. in diesem Zusammenhang zur Bedeutung entsprechender Investitionsstrategien und -strukturen in den Ursprungsorganisationen Hill, S. A.; Birkinshaw, J.: Strategy-organization configurations in corporate venture units: Impact on performance and survival. – In: Journal of Business Venturing, 23 (2008), S. 423 – 444.

28 Vgl. hierzu mit vielfältigen Beispielen internationaler Unternehmen Chesbrough, H.W.; West, J.; Vanhaverbeke, W.: Open innovation: researching a new paradigm, Oxford, Oxford University Press 2006; Keupp, M.M.; Gassmann, O.: Determinants and archetype users of open innovation. – In: R&D Management, 39 (2009), S. 331-341; Grabher, G.; Ibert, O.; Flohr, S.: The neglected king: The customer in the new knowledge ecology of innovation. – In: Economic Geography, 84 (2008), S. 253 – 280.

erweitern.²⁹ Solche Intensivierungen des Austausches zwischen privaten Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen wurden auch im Verlauf des vergangenen Jahrzehnts vermehrt zu Zielsetzungen der Forschungsförderung in Deutschland.³⁰ Im Gegensatz zu diesen Erwartungen an eine größere Offenheit des Wissenszugangs stehen Erfahrungen in deutschen Forschungsinstituten, die einen negativen Zusammenhang zwischen der Finanzierung durch Auftragsforschung industrieller Sponsoren und der Zahl wissenschaftlicher Publikationen ausweisen.³¹ Somit scheint weiterhin ein Zielkonflikt zwischen dem Bestreben nach einem exklusiven Zugang zu wissenschaftlichen Erkenntnissen und der Notwendigkeit eines möglichst vielfältigen Wissensaustausches für einen kreativen Forschungsprozess zu bestehen.

Diese drei Herausforderungen stehen somit für einen möglichen Zielkonflikt zwischen ökonomischer Perspektive und der Förderung kreativer Forschung. Im Gegensatz zu dieser Konfliktperspektive steht jedoch eine in den vergangenen Jahren intensivierte Rhetorik um Maßnahmen von Politik und Unternehmensmanagement zur Erhöhung der Kreativität in der Wirtschaft. Diese Rhetorik ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

2. *Kreative Klasse, Kreativitätswirtschaft und Kreativitätstechniken als Ausweg aus dem Zielkonflikt zwischen Kommerzialisierung und Kreativität*

Im vergangenen Jahrzehnt erwies sich das Konzept der „kreativen Klasse“,³² veröffentlicht durch Richard Florida im Jahr 2002, als besonders einflussreich auf die Wirtschaftspolitik. Florida's Argumentation geht von der Hypothese aus, dass

29 Chesbrough sieht das Fehlen dieser Offenheit als eine Ursache für die Schließung der Großlabore multinationaler Unternehmen nach 1990 an, vgl. Chesbrough, West; Vanhaverbeke, a.a.O., S. 11ff.

30 Bekannte Beispiele der Bundesförderung beziehen sich auf die Förderung von Exzellenzclustern im Rahmen der Exzellenzinitiative für Hochschulen oder auf den Spitzencluster-Wettbewerb, vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Bundesbericht Forschung und Innovation, Berlin 2012.

31 Vgl. hierzu Heuer; Schulze, a.a.O., S. 24ff.; Bachmann, R.; Engel, D.; Michaelsen, M.: Geht Auftragsforschung zu Lasten des wissenschaftlichen Outputs? Eine Analyse anhand der Daten einer Befragung öffentlicher Forschungseinrichtungen in NRW; RWI-Materialien, Nr. 47, Essen 2008; Czarnitzki, D.; Grimpe, C.; Toole, A.A.: Delay and secrecy: Does industry sponsorship jeopardize disclosure of academic research? ZEW Discussion Paper Nr. 11-009, Mannheim 2009.

32 Vgl. Florida, R.: The rise of the creative class: and how it's transforming work, leisure, community and everyday life, New York, Basic Books 2002.

eine bestimmte Berufsgruppe, genannt „kreative Klasse“, in einer Volkswirtschaft maßgeblich für das Wirtschaftswachstum des betreffenden Gebiets verantwortlich ist. Das Wirtschaftswachstum wird durch eine Verknüpfung von drei Kreativitätsebenen – technologische, ökonomische (unternehmerische) und künstlerisch-kulturelle Kreativität – entwickelt. Diese drei Ebenen kommen an Standorten zusammen, an denen die mobilen Mitglieder der „kreativen Klasse“ ihre Kreativität bestmöglich ausleben und die Vertreter der drei Ebenen miteinander in Austausch treten können. Dies greift Argumente aus der Regionalökonomik auf, die auf positive wirtschaftliche Wirkungen einer Vielfalt von Sektoren in einem urbanen Umfeld hinweisen.³³ Regionen sollten daher diesen Anforderungen entsprechen und Unternehmen ihre Standorte nach den Anforderungen dieser „kreativen Klasse“ ausrichten.³⁴ In Analogie zu den drei Kreativitätsebenen werden drei Gruppen der „kreativen Klasse“ unterschieden: Erstens gibt es den „kreativen Kern“, der aus hochkreativen Ingenieuren, Naturwissenschaftlern, Geistes- und Sozialwissenschaftlern sowie Medizinerinnen und Lehrern besteht. Zweitens werden „kreative Professionals“ aus wissensintensiven Berufen zusammengefasst, zu denen Anwälte, Manager, Techniker oder Angestellte gezählt werden. Drittens bilden künstlerisch Kreative die Gruppe der „Bohemians“, zu denen Künstler aller Sparten, Designer oder auch Publizisten gerechnet werden.³⁵

Als relevante Standortfaktoren zur Steigerung der Attraktivität der „kreativen Klasse“ nennt Florida Offenheit, Toleranz und kulturelle Vielfalt, die er in Indikatoren wie dem Anteil der im Ausland geborenen Bevölkerung („Melting Pot Index“), dem Anteil der Menschen in künstlerischen Berufen („Bohemian Index“) und dem Anteil der homosexuellen Paare an der Bevölkerung („Gay Index“) überträgt.³⁶ Diese Ansätze wurden in zahlreichen Stadtregionen und kulturellen Vereinigungen übernommen, um Förderprogramme zu rechtfertigen bzw. in Ranglisten Erfolgspotenziale nachzuweisen.³⁷ Die Kreativwirtschaft oder der Aufbau sogenannter „Kreativclusters“ zählen daher in allen Bundesländern zu den Bestandteilen wirtschaftspolitischer Strategien.

Dieser hohen Aufmerksamkeit steht jedoch eine nur schmale empirische Basis über tatsächliche Wirkungszusammenhänge gegenüber. Die Abgrenzung und

33 Vgl. Jacobs, J.: *Cities and the wealth of nations*, Vintage Book, New York 1985 und Wedemeier, a.a.O., S. 7ff. mit einigen empirischen Ergebnissen zu deutschen Regionen.

34 Florida umschreibt dies, indem nicht gilt: „people follow jobs“, sondern „jobs follow people“, vgl. Florida, a.a.O., S. 249.

35 Vgl. zur Anwendung des Ansatzes in Deutschland Fritsch, M.; Stützer, M.: *Die Geografie der kreativen Klasse in Deutschland*, Freiberg Working Papers 11, Freiberg 2006.

36 Vgl. Florida, a.a.O., S. 120ff.

Aufteilung der „kreativen Klasse“ bezieht eine große Gruppe qualifizierter Arbeitskräfte ein, ohne den Kreativitätsbegriff systematisch zu definieren und zu erläutern, was kreative Resultate sind. Daher gelangen Studien zum Zusammenhang zwischen der regionalen Ansässigkeit der „kreativen Klasse“ oder der „Kreativwirtschaft“ zumeist nur zu einer Bestätigung bereits in anderen Modellen begründeter Zusammenhänge zwischen gut qualifiziertem Humankapital oder einer starken Verfügbarkeit wissensintensiver und technischer Dienstleistungen mit wirtschaftlichem Erfolg der jeweiligen Region.³⁸ Zumeist erstreckt sich die Beobachtung positiver Effekte auf technologische und ökonomische Kreativität, während bei künstlerischer Kreativität nicht zwangsläufig ein positiver wirtschaftlicher Effekt beobachtet wird.³⁹ Offenheit und Toleranz werden zwar häufig in Regionen mit hohem Anteil an kreativer Klasse beobachtet. Allerdings ist die Mobilität der kreativen Klasse nicht so hoch wie in Florida's Argumentation unterstellt, und es bleibt offen, ob Toleranz und Offenheit die Voraussetzung oder die Folge der Ansässigkeit der kreativen Klasse ist.⁴⁰

Auch der Ansatz der „kreativen Milieux“ sieht Kreativität als Quelle wirtschaftlichen Wachstums. In diesem Konzept, das durch die „Groupe de Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs“ (GREMI) in den 1980er Jahren bekannt wurde, wird insbesondere das sozio-kulturelle Umfeld wirtschaftlicher Prozesse betrachtet und die besondere Rolle der Interaktionen durch soziale Bindungen und gemeinsame Institutionen für die Fähigkeit zur Veränderung durch gemeinsames Lernen und kreative Lösungssuche betont.⁴¹ Jedoch fehlen hier ebenso wie beim Konzept der „kreativen Klasse“ ein grundlegendes Verständnis

37 So gibt es in Deutschland beispielsweise die „Kreativregion Rhein-Neckar“, Berlin versteht sich ebenso wie das Ruhrgebiet als „kreative Metropole“. Vgl. in diesem Kontext aus Großbritannien The Work Foundation: *Staying ahead. The economic performance of the UK's creative industries*, London 2008 sowie international United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD): *Creative economy report 2010. Creative economy: a feasible development option*, Genf 2011; European Commission: *Unlocking the potential of cultural and creative industries*, Green Paper, Brüssel 2010 und aus Deutschland HWWI/Berenberg Bank (Hrsg.): *Kulturstädteranking 2012. Die 30 größten Städte Deutschlands im Vergleich*, Hamburg 2012.

38 Vgl. beispielhaft Müller; Rammer; Trüby, a.a.O.; Chapain, C.; Communian, R.: *Creative cities in England: researching images and realities*. – In: *Built Environment*, 35 (2009), S. 220 – 237.

39 Vgl. Lee, S.Y.; Florida, R., Acs, Z.: *Creativity and entrepreneurship: a regional analysis of new firm formation*. – In: *Regional Studies*, 38 (2004), S. 879 – 891; Boschma, R.; Fritsch, M.: *Creative class and regional growth – empirical evidence from eight European countries*, Jena Economic Research Papers 2007-066; Jena 2007; Communian, R.; Faggian, A.; Li, Q.C.: *Unrewarded careers in the creative class: the strange case of bohemian graduates*. – In: *Papers in Regional Science*, 89 (2010), S. 389 – 411.

40 Vgl. auch McGranahan, D.; Wojan, T.: *Recasting the creative class to examine growth processes in rural and urban counties*. – In: *Regional Studies*, 41 (2007), 197 – 216.

des Kreativitätsprozesses und eine systematische Einbindung der Kreativität in der Forschung, um den im vorangegangenen Abschnitt angesprochenen Zielkonflikten begegnen zu können. Kreativität ist in diesem Kontext auf jegliche Veränderung bzw. Entwicklung von Innovationen bezogen und konzentriert sich nicht speziell auf das diesem Aufsatz zugrundeliegende Verständnis kreativen Outputs als Beitrag zu radikalen Innovationen, die von bestehenden Lösungskonzepten bewusst abweichen.

Wie in anderen Disziplinen ist auch in der Management-Literatur in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine vermehrte Beschäftigung mit dem Thema Kreativität zu beobachten. Im Zentrum stehen hierbei der Einsatz sogenannter „Kreativitätstechniken“, die dazu dienen, kreative Suchprozesse nach Lösungen zu initiieren und zu strukturieren, sowie die Anpassung organisationaler Abläufe und Strukturen, um mehr Freiräume für kreative Lösungen zu schaffen.⁴² Ein bekanntes Beispiel für die Umsetzung solcher Maßnahmen ist die Gestaltung der Arbeitsbedingungen und Organisationsstrukturen innerhalb des Unternehmens Google, Inc.⁴³ Hervorgehoben werden in den Berichten über dieses Unternehmen und den Begründungen für sehr gute Bewertungen als potenzieller Arbeitgeber freie Arbeitszeiten für eigene Ideen, Angebote zur Kreativität durch speziell gestaltete Räumlichkeiten (Sportgeräte, Hängematten etc.), Angebote zur Interaktion und Kooperation zwischen den Mitarbeitern sowie vergleichsweise flache Hierarchien durch Projektorganisationen. Trotz dieser Aktivitäten fällt jedoch auf, dass sich das Kerngeschäftsfeld des Unternehmens nicht geändert hat und maßgebliche Erweiterungen der Geschäftstätigkeit (Video-Portal, Online-Karten, Werbung, Betriebssoftware für Mobilkommunikation) erst durch Aufkäufe verwirklicht werden konnten. Insgesamt bleibt daher festzuhalten, dass auch diese betriebswirtschaftliche Perspektive auf Kreativität nicht die im vorangegangenen Zielkonflikte zwischen kurzfristigen Kommerzialisierungszielen und Kreativität in der Forschung verändert. Im folgenden Abschnitt wird daher untersucht,

41 Vgl. Crevoisier, O.: L'approche par les milieux innovateurs: état de lieux et perspectives. – In: Camagni, R.; Maillat, D. (Hrsg.): *Milieux innovateurs: théorie et politique*, Paris, Economica Anthropos 2006, S. 191 – 218; Fromhold-Eisebith, M.: Das „kreative Milieu“ als Motor regionalwirtschaftlicher Entwicklung: Forschungstrends und Erfassungsmöglichkeiten. – In: *Geographische Zeitschrift*, 83 (1995), S. 30 – 47.

42 Vgl. zu einem Überblick über entsprechende Anpassungen und Verfahren Gassmann; Sutter, a.a.O.; von Kopp-Krimpenfort, M.: *Innovationsfördernde Unternehmenskultur*, München, Grin 2007; Brattström, A.; Löfsten, H.; Richtner, A.: Creativity, trust and systematic processes in product development. – In: *Research Policy*, 41 (2012), S. 743 – 755.

43 Vgl. Gassmann; Sutter, a.a.O.; Great Place to work Institute (Hrsg.): *Why is Google so great?* New York 2007; Boudreau, J.-C. et al.: The benefits of transaction cost economics: The beginning of a new direction, ECIS 2007 Proceedings, No. 34, Athens 2007.

inwieweit dieses Problem durch eine evolutive Perspektive auf wirtschaftliche Prozesse gemindert werden kann.

3. *Kommerzialisierung kreativer Forschungsergebnisse als evolutionärer Prozess*

Im Gegensatz zu den konventionellen Gleichgewichtsmodellen beschäftigen sich evolutive Ansätze ökonomischer Erklärungen mit Auslösern, Hemmnissen und Folgen von Veränderungen. Ein wichtiger heuristischer Ausgangspunkt ist das Verständnis der Gesellschaft als einem komplexen Zusammenwirken mehrstufiger, offener und adaptiver Systeme.⁴⁴ Diese Systeme sind einem fortwährenden Evolutionsdruck durch Variations- und Selektionsprozesse ausgesetzt und verwenden wiederum evolutive Prozesse auch zur eigenen Anpassung und Fortentwicklung. Kreative Ideen als Ursprung radikaler Innovationen stellen Variationen dar, die sich Selektionsverfahren stellen müssen und bei Akzeptanz zur Veränderung der Systeme beitragen können.⁴⁵

Kriterien zur Beurteilung der Prozesse beziehen sich in einem solchen Kontext weniger auf kurzfristige Effizienz und Erhaltung von Gleichgewichtszuständen als vielmehr auf die mittelfristige Aufrechterhaltung oder den Ausbau der systemaren Funktionen (Resilienz gegenüber externen Schocks) und Veränderungsfähigkeiten der Systeme.⁴⁶ Es geht somit um Fragen nach den Voraussetzungen einer erfolgreichen Anpassung an Veränderungsdruck oder sogar einer gezielten Veränderung der Systeme, um die gesellschaftliche Wohlfahrt zu steigern.

Bei der Frage der Veränderungs- und Anpassungsfähigkeit erlangte das Konzept der Pfadabhängigkeit in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine große Bedeutung in sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Modellen technologischer oder gesellschaftlicher Veränderung.⁴⁷ Übertragen auf die Innovationskategorien

44 Vgl. zu den theoretischen Grundlagen Dopfer, K.; Potts, J.: *The general theory of economic evolution*; 3rd ed., London, Routledge 2007; Foster, J.: *From simplistic to complex systems in economics*. – In: *Cambridge Journal of Economics*, 29 (2005), S. 873 – 892.

45 Vgl. beispielsweise Witt, U.: *Novelty and the bounds of unknowledge in economics*. – In: *Journal of Economic Methodology*, 16 (2009), S. 361 – 375.

46 Vgl. Martin, R. L.; Sunley, P. J.: *Complexity thinking and evolutionary economic geography*. – In: *Journal of Economic Geography*, 7 (2007) 4, S. 16 – 45.

47 Vgl. als Ausgangspunkt für technologische Pfade David, P. A.: *Clio and the economics of QWERTY*. – In: *American Economic Review*, 75 (1985), S. 332 – 337; zur Übertragung auf gesellschaftliche Prozesse Mahoney, J.: *Path dependence in historical sociology*. – In: *Theory and Society*, 29 (2000), S. 507 – 548 sowie mit speziellem Blick auf Veränderungen in Organisationen Sydow, J.; Schreyögg, G.; Koch, J.: *Organizational path dependence: opening the black box*. – In: *Academy of Management Review*, 34 (2009), S. 689 – 709.

aus dem vorangegangenen Abschnitt, werden kompetenzerweiternde Innovationen als Veränderungen verstanden, die einen bereits existierenden Entwicklungspfad fortsetzen und somit durch bestehende Kompetenzen unterstützt werden können. Kreative Ideen, die solche Innovationen hervorbringen, werden durch Promotoren unterstützt, die bereits auf erfolgreiche Erfahrungen verweisen und somit sich selbst verstärkende Rückkopplungsprozesse auslösen können.⁴⁸

Demgegenüber stellen kompetenzerstörende Innovationen bestehende Entwicklungspfade in Frage. Sie müssen daher mit größeren Widerständen und Unsicherheiten rechnen und werden von Organisationen unterstützt, die bislang weniger mit dem etablierten Pfad in Verbindung standen.⁴⁹ Wirtschaftshistorische Studien zur Entstehung industrieller Cluster und Agglomerationen verweisen auf eine hohe Bedeutung von Spin-off-Prozessen aus Unternehmen, die in bereits etablierten Märkten erfolgreich waren, deren Management aber nicht bereit war, das Risiko von Investitionen in noch nicht etablierten neue Märkte vorzunehmen.⁵⁰ Diese Aus- und Neugründungen führten zu einer Variation der industriell genutzten Technologien, aus denen sich im Verlauf der Zeit dominante Designs durchsetzten, um die im vorangegangenen Abschnitt angesprochenen Größenvorteile zu realisieren.⁵¹ Wichtig für die Entstehung und Durchsetzung neuer kompetenzerstörender bzw. kompetenschaffender Technologien erscheint jedoch auch in diesen Fällen eine bereits existierende Anknüpfung an Technologien, die variiert bzw. neu kombiniert werden können. Hierbei wird auch von „related variety“ gesprochen.⁵² Auch kompetenzerstörende Innovatio-

48 Vgl. zur Erläuterung und Klassifizierung der Verstärkungseffekte Sydow et al., a.a.O., S. 694ff.

49 Vgl. Tushman; Anderson, a.a.O., S. 445ff.

50 Vgl. hierzu Klepper, S.: The origin and growth of industrial clusters: The making of Silicon Valley and Detroit. – In: *Journal of Urban Economics*, 67 (2010), S. 15 – 32; Klepper, S.; Buenstorf, G.: Heritage and agglomeration: The Akron Tyre Cluster revisited. – In: *The Economic Journal*, 119 (2009), S. 705 – 733; Klepper, S.; Thompson, P.: Disagreements and intra-industry spin-offs. – In: *International Journal of Industrial Organization*, 28 (2010), S. 526 – 538.

51 Vgl. auch Cantner, U.; Drefler, K.; Krüger, J. J.: Firm Survival in the German Automobile Industry, *Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft*, Nr. 8, Jena 2004; Kudic, M.; Pyka, A.; Günther, J.: Determinants of evolutionary change processes in innovation networks – empirical evidence from the German laser industry, *IWH Discussion Papers*, No. 7, Halle 2012.

52 Vgl. Neffke, F.; Henning, M.; Boschma, R.: How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. – In: *Economic Geography*, 87 (2011), S. 237 – 265; Boschma, R.; Fornahl, D.: Cluster evolution and a roadmap for future research, *Papers on Evolutionary Economic Geography*, 11 – 17; University of Utrecht 2011; Asheim, B.; Boschma, R.; Cooke, P.: Constructing regional advantage: Platform policies based on related variety and differentiated knowledge bases. – In: *Regional Studies*, 45 (2011), S. 893 – 904.

nen entstehen somit nicht aus dem Nichts, sondern werden von bestimmten Strukturen und Anknüpfungsmöglichkeiten begünstigt.

Diese Beobachtung bildet eine Brücke zur Betrachtung „geschaffener Pfade“ (path creation), bei denen Akteure bewusst Voraussetzungen schaffen, um einen neuen Pfad auszulösen, der seinerseits wiederum Pfadabhängigkeit und zukünftige Schließungen der Variationsmöglichkeiten auslöst.⁵³ Die Wahrscheinlichkeit der Durchsetzung bestimmter Pfade und damit der Verwirklichung kreativer Abweichungen von bestehenden Produkten und Produktionsverfahren nimmt dabei durch gezielte Investitionen in formelle oder informelle institutionelle Vereinbarungen zu, beispielsweise in Absprachen mit potentiellen Konkurrenten über bestimmte technische Standards oder Vereinbarungen mit relevanten Kunden über Anforderungen an neue Produkte oder über garantierte Abnahmen.⁵⁴ Untersuchungen zu Hemmnissen bei der Einführung von Schlüsselinnovationen in Deutschland bestätigten, dass es im deutschen Innovationssystem Schwächen gerade beim Übergang zwischen der Entwicklung neuer kreativer technischer Lösungen und der kommerziell erfolgreichen Einführung solcher Lösungen gibt und diese Schwächen besonders in Defiziten bei der institutionellen Absicherung eines ertragreichen internationalen Marktes begründet liegen.⁵⁵

Was folgt aus dieser evolutiven Betrachtung für das Verhältnis zwischen Kreativität und Kommerzialisierung? Im Unterschied zur Fokussierung auf die mikroökonomische Profitabilität jeder Einzelinvestition wird die Perspektive auf das Zusammenspiel von Mikro-(Forscher- bzw. Organisations-), Meso-(Kollaborations- bzw. Gruppen-) und Makro-(Cluster- bzw. Regions- oder Staats-)Ebene gerichtet.⁵⁶ Zielrichtung ist die Hervorbringung akzeptierter Neuerungen auf der

53 Vgl. zum Konzept des path creation Garud, R.; Kumaraswamy, A.; Karnoe, P.: Path dependence or path creation? – In: *Journal of Management Studies*, 47 (2010), S. 760 – 774.

54 Vgl. Sydow, J.; Windeler, A.; Schubert, C.; Möllering, G.: Organizing R&D consortia for path creation and extension: the case of semiconductor manufacturing technologies. – In: *Organization Studies*, Vol. 33 (2012), S. 907 – 936 sowie zum Konzept der lead users als einer Methode zur Verringerung der Risiken einer Einführung neuer Produkte Franke, N.; van Hippel, E.; Schreier, M.: Finding commercially attractive user innovations: A test of lead user theory. – In: *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 23 (2006), S. 301 – 315.

55 Vgl. unter anderen Austrian Institute for Economic Research (WIFO); Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) et al.: Barriers to internationalisation and growth of EU's innovative companies, Report for the European Commission, DG Enterprise, Wien 2010; Thielmann, A. et al.: Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien. Innovationsreport, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht Nr. 133, Berlin 2009.

56 Vgl. Schröder, H.: Application possibilities of the micro-meso-macro framework in economic geography, *Papers in Evolutionary Economic Geography*, No. 11-15, University of Utrecht 2011.

Makroebene. Hierzu ist es aber erforderlich, Variationen und Selektionen auf der Mikroebene zu ermutigen. Dies bedeutet, innerhalb der Organisation die im zweiten Abschnitt angesprochenen Voraussetzungen für kreative Ideenfindungen – Vielfalt der inhaltlichen Ausrichtung, kleine Teamgrößen, Ermutigung zur Abweichung von bestehenden Problemdefinitionen und -lösungen, Akzeptanz von Fehlschlägen – zu schaffen und zugleich Spielräume für Ausgründungen zu belassen, um Ideen außerhalb des bisherigen Organisationskerns zu verwirklichen. Darüber hinaus bedarf es der institutionellen Unterstützung der ausgegründeten Einheiten, um neue Ideen auch im Markt durchzusetzen und zu etablieren. Studien zum strukturellen Wandel in Volkswirtschaften zeigen, dass schnell wachsende, junge Unternehmen als Treiber und nicht als Folge eines strukturellen Wandels und Beschäftigungswachstums fungieren.⁵⁷ Neben strukturellen Voraussetzungen sind jedoch auch persönliche Merkmale der Gründer solcher „Gazellen“ genannten schnell wachsenden Unternehmen zu beachten, beispielsweise bestehende Erfahrungen, Kontakte und kulturelle Hintergründe.⁵⁸

Das Zusammenspiel zwischen Mikro-, Meso- und Makroebene setzt voraus, dass für Akteure auf allen Ebenen Vorteile durch die Durchsetzung kreativer Ideen entstehen. Auf der Makroebene konnte dies – wie bereits im zweiten Kapitel angesprochen – auf der Basis empirischer Studien zum Wirtschaftswachstum von Volkswirtschaften gezeigt werden. Auf der Meso-Ebene lässt sich ebenso zeigen, dass Ausgründungen auch Vorteile für Investoren und ursprüngliche Organisationen bieten.⁵⁹ Auf der Mikroebene verbleibt allerdings das Risiko von Fehlschlägen der Investitionen in kreative Teams und des irreversiblen Verlustes von Investitionsmitteln, was ausschließlich private Investitionen als Grundlage ausschließt. Wenn jedoch die öffentliche Förderung – wie in Studien zur Veränderung der Governance-Strukturen in der Grundlagen- und Hochschulforschung gezeigt – ähnliche Kriterien zur kurzfristigen Performance-Messung verwendet wie bei einem privatwirtschaftlichen Kalkül, wird Kreativität zwangsläufig begrenzt. Erforderlich ist daher die Akzeptanz einer zumindest mittelfristigen Sub-

57 Vgl. hierzu Bos, J.; Stam, E.: Gazelles, industry growth and structural change, Utrecht School of Economics Discussion Papers 11-02, Utrecht 2011.

58 Vgl. Wyrwich, M.: Assessing the role of strategy and socioeconomic heritage for rapidly growing firms: evidence from Germany. – In: International Journal for Entrepreneurial Venturing, 1 (2010), S. 245 – 263; Metzger, G.; Heger, D.; Höwer, D.; Licht, G.: High-Tech Gründungen in Deutschland. Zum Mythos des jungen High-Tech-Gründers, Mannheim, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung 2010.

59 Vgl. allgemein zu Erfahrungen mit corporate venturing in diesem Kontext Chesbrough, H.: Making sense of corporate venture capital. – In: Harvard Business Review, 80 (2002) 3, S. 90 – 99.

ventionierung kleiner, miteinander vernetzter und möglichst vielfältig und anschlussfähiger Teams, deren Output nicht in kurzfristigen Ergebnissen (Publikationen, Patente, Ausgründungen oder ähnliches) zu erkennen sein wird, sondern erst in mittelfristigen Auslösern von Strukturveränderungen. Dieses Privileg wird angesichts der knappen öffentlichen Ressourcen im Bewerberprozess begrenzt werden, was hohe Anforderungen an die Auswahl setzt. Zugleich müssen die Strukturen ausreichend offen sein, um auch kreativen Anpassungen an Kooperationsformen und -konstellationen Raum zu geben. An dieser Stelle ist der Raum zu begrenzt, um zu beurteilen, inwieweit bestehende Anreizstrukturen, beispielsweise in der Max-Planck-Gesellschaft oder der European Research Area, diesen Vorgaben entsprechen. Allerdings bietet die evolutive Perspektive einen anderen Bewertungsrahmen als häufig angewandte projektbezogene oder kurzfristige Evaluierungskonzepte.⁶⁰

Schlussfolgerungen

Der vorliegende Beitrag sollte der zunehmend verbreiteten Wahrnehmung eines unausweichlichen Konflikts zwischen einer ökonomischen Perspektive auf den Prozess der Entstehung und Verarbeitung wissenschaftlichen Wissens und einer Sicherung der Kreativität in der Forschung entgegenwirken. Zugleich sollte das Missverständnis beseitigt werden, einen solchen möglichen Konflikt durch Schaffung neuer Begriffe wie der „kreativen Klasse“ oder der „Kreativwirtschaft“ aus der Welt zu schaffen. Statt dessen wurde für eine evolutive Perspektive plädiert, die unterschiedliche Ebenen in einer Volkswirtschaft von der einzel- bis zur gesamtwirtschaftlichen Ebene miteinander verknüpft. Der sich hierbei ergebende Anpassungsbedarf im Innovationssystem erstreckt sich insbesondere auf zwei Bereiche: Erstens geht es um einen subventionierten und daher privilegierten Bereich, in dem sich mittelfristig Strukturen mit dem vorwiegenden Ziel kreativer Problemwahrnehmungen und -lösungen bilden und hierbei einem Wettbewerb vor Beginn der Struktursubventionierung zu stellen haben. Zweitens geht es um den Übergang aus der Entwicklung kreativer Problemlösungen zur Aus- oder Neugründung kommerzieller Einheiten und einer institutionellen Einbettung der hierbei angestrebten Pfadkreationen oder -anpassungen. Wirtschaftsgeographische Studien zeigen, dass solche Übergänge durch Technologie-Plattformen,

60 Vgl. bereits zum Bedarf einer evolutiven Perspektive auf die Innovationspolitik Smits, R.; Kuhlmann, S.; Teubal, M.: A system-evolutionary approach for innovation policy. – In: *The Theory and Practice of Innovation Policy. An international research handbook*, Ed. by R. Smits, S. Kuhlmann and P. Shapira: Cheltenham, Elgar 2010. S. 1 – 22.

d.h. anschlussfähige Technologien, die neue Problemlösungen aufgreifen und zur Ausbreitung der neuen Lösungen bis hin zur Schaffung neuer Strukturen und Sektoren beitragen, erleichtert werden.⁶¹ Mit dieser Perspektive auf Plattformen wird zugleich der oftmals konstatierte Gegensatz zwischen kompetenzerweiternden und kompetenzerstörenden Innovationen vermindert. Auch dieses strukturelle Verständnis ändert allerdings nichts daran, dass die Vorzüge kreativer Ideen nur zu erreichen sein werden, wenn eine Gesellschaft bereit ist, die hiermit verbundenen Risiken in Kauf zu nehmen.

61 Vgl. nochmals Asheim et al., a.a.O., S. 896ff.

Innovationsfähige Kreativität in der Technikforschung

1. Technikwissenschaftliches Innovationsverständnis

Die Darstellung und Erforschung der Zusammenhänge von Entstehung, Entwicklung, Durchsetzung, Verbreitung und Rückführung innovativer Technologien ist Gegenstand einer Vielzahl von Wissenschaftsbeiträgen. Im Zentrum des Interesses stehen dabei neben der Technik selbst vor allem auch solche Einflüsse, die zu bestimmten Ausprägungen ihrer Anwendung führen und so zu ihrem Erfolg oder Scheitern beitragen.

Die interdisziplinäre Innovationsforschung vollzieht sich vor dem Hintergrund eines zunehmenden Bewusstseins der Zusammenhänge zwischen technischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und politischer Veränderung.

Es gibt eine große Bandbreite an Forschungsansätzen und Konzepten, die unterschiedliche wissenschaftliche Traditionen, Fachdisziplinen und Interessenlagen widerspiegeln.

Die Innovationsforschung, die in ihrem Ursprung den Wirtschaftswissenschaften zugeordnet wird, entwickelt sich zu einer integrativen, multidisziplinären Wissenschaft. Starke Einflüsse gehen von den Theorien und empirischen Analysen der technikgeschichtlichen Forschung, der technisch-ökonomischen Innovationsforschung sowie der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung aus (Abb. 1).¹

Erkenntnisdefizite in der innovationswissenschaftlichen Forschung erfordern Analysen des wissenschaftstheoretischen Status von Innovationssystemen. Eine technologische Innovationstheorie ist in ihrer Gesamtheit auf den Wirkzusammenhang aller Einflussparameter von Innovationsprozessen mit dem Ziel gerichtet, deren Transformationsfunktion prozesstechnisch zu optimieren.

Die Forschungsmethodik der Technikwissenschaften hat sich als eine Funktion konkreter Wechselwirkungen zwischen industrieller Praxis und erkenntnisleitender wissenschaftlicher Theorie empirisch herausgebildet, wobei die Forderung

1 Spur, G.: Technologie und Management. München-Wien: Carl Hanser Verlag 1998, S. 163ff.

Abbildung 1: Bandbreite innovationswissenschaftlicher Forschung



nach innovativen Entwicklungen, Technologien und Produkten ein zentrales Anliegen ist. Der methodische Weg führt überwiegend von einer letztlich praktischen Problemstellung über die Gewinnung empirischen Wissens durch Messung, Beobachtung, Experiment, Modellgenerierung und Simulation hin zur Aufstellung von Theorien und Paradigmen, die nicht nur erforschte Sachverhalte systematisch reflektieren, sondern auch auf die Praxis zurückweisende neue Forschungsperspektiven beinhalten.

Diese umfassende Perspektive vermittelt eine hohe Komplexität der Technikwissenschaften. Entsprechend umfangreich und kompliziert sind aber auch die Fragestellungen, die zur theoretischen und methodischen Begründung zu bewältigen sind.

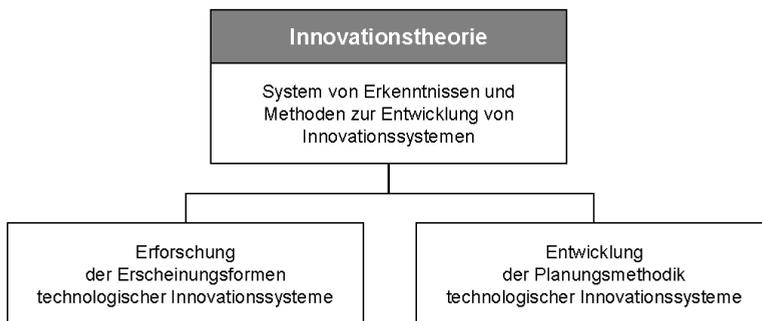
Technologische Innovationsforschung zielt sowohl auf neue Erkenntnisse über strukturelle und funktionale Gesetzmäßigkeiten ihres Gegenstandes als auch auf die technologische und wirtschaftliche Umsetzung dieser Erkenntnisse. Das heißt, Technikforschung ist in ihrem Kern innovationstreibender Technologietransfer. Die Triebkräfte resultieren aus dem technologischen Innovationsbedarf der industriellen Produktionswirtschaft. Diese stellt zugleich die entscheidenden Maßstäbe und Instrumente zur Bewertung innovativer Problemlösungen bereit.

Die Gliederung einer Innovationstheorie nach Einzeldisziplinen ist angesichts ihrer Komplexität und Verfeinerung nicht zwingend notwendig. Allerdings stellt sich die Frage nach den Kriterien oder Prinzipien einer systemischen Klassifizierung. Banse² weist darauf hin, dass es nicht nur um formale Ordnungsgesichtspunkte, sondern „in erster Linie um eine theoretisch tiefgründige Klärung der Wechselbeziehungen im System der Technikwissenschaften“ geht.

2 Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Berlin: Verlag Technik 1986.

Die Technikwissenschaften verfolgen die Aufgabe, theoretische Erkenntnisse zu gewinnen und Methoden zu entwickeln, mit deren Hilfe Handlungsempfehlungen für innovative Aufgaben gegeben werden können (Abb. 2). Die Innovationsforschung erarbeitet allgemeine Erkenntnisse über Aufbereitung, Lösungsfindung, Umsetzung und Nutzung technischer Innovationssysteme. Sie erklärt auch die grundsätzlichen Entscheidungssituationen in technologischen Innovationsprozessen. Bedarfsorientierte Innovationsansätze sind auf problembestimmte Zielsysteme gerichtet. Dem Fortschritt geht ein Bedarf an Innovationen voraus. Die Zielorientierung führt zur Frage nach dem Weg zum Neuen. Dieser ist mehrläufig, es gibt mehrere Ansätze zur Lösungsfindung. Dabei werden die Vorlaufphasen zur Realisierung des Neuen zunehmend komplexer.

Abbildung 2: Kategorien technologischer Innovationsforschung



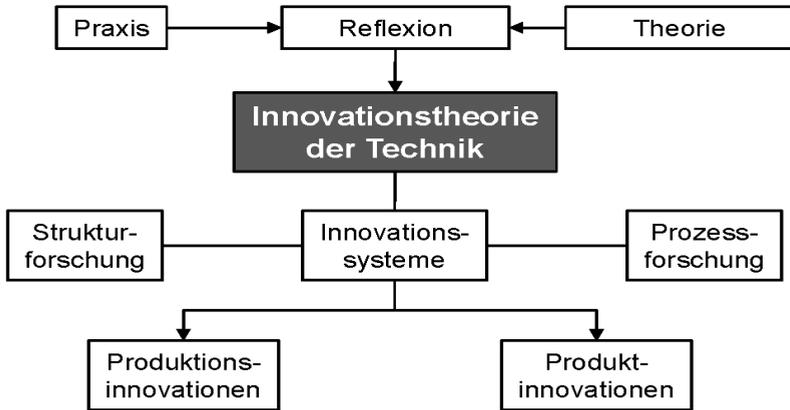
Die Dynamik des fortschreitenden Wandlungsprozesses der Technik bildet einen permanenten Innovationsgradienten, der nicht nur die Richtung der technologischen Entwicklung, sondern durch seine Steilheit auch die Geschwindigkeit des Wandels bestimmt. Seine systemische Komplexität erfordert Strategien, die methodisch umfangreichen und schwierigen Problemstellungen theoretisch wie praktisch gewachsen sind.

Eine Innovationslehre der Technikwissenschaften existiert bisher überwiegend und primär als implizierter Bestandteil der Forschungspraxis. Eine der grundlegenden Aufgaben ist es, Struktur und Wirkungsweise aller theoretischen und praktischen Bestimmungsgrößen zum Aufbau einer Innovationsmethodik zu analysieren.

Der hohe Integrationsgrad von industrieller Praxis und Forschung bedingt auch in methodischer Hinsicht eine starke Dominanz der konkreten Anwendungserfordernisse, denen die methodologische Reflexion und Verallgemeine-

rung der praktischen Erfahrungen untergeordnet bleibt.

Abbildung 3: *Differenzierung technologischer Innovationssysteme*



Die Entwicklung der Technik zeigt, dass die Anwendungsorientierung ein in die Methodik der Innovationsforschung übergreifendes Moment bildet.³ Zielorientierte Problemlösungen erhalten ihren Sinn erst durch ihre Nützlichkeit aus technischer oder wirtschaftlicher Sicht. Die Innovationsforschung hat sich als eine Funktion konkreter Wechselwirkungen zwischen industrieller Praxis und erkenntnisleitender wissenschaftlicher Theorie empirisch herausgebildet, wobei Produktionsinnovationen und Produktinnovationen zu unterscheiden sind (Abb. 3). Die Erkenntnisdefizite über die Methodik der technologischen Innovationsforschung verweisen auf notwendige wissenschaftstheoretische Analysen. Eine Vertiefung der Erkenntnisse über den Wissenschaftsbegriff, über den Entwicklungsstand disziplinärer Integration und Differenzierung sowie über die Vernetzung der technologischen Innovationsforschung wäre auch aus wissenschaftssystematischer Sicht von aktueller Bedeutung. Das gilt sowohl unmittelbar für die technologische und wirtschaftliche Praxis als auch wissenschaftsimmanent für ihre Funktion als eine diese Praxis befördernde Theorie.⁴

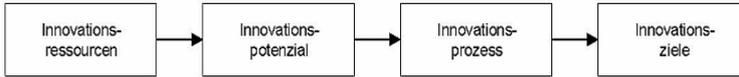
Ein Innovationssystem bildet nach innen eine kausale Ordnung innovationsbezogener Transformationsfunktionen zur Realisierung vorgegebener Zielfunktionen. Es basiert auf Innovationsressourcen, die ein zweckbestimmtes Innovati-

3 Parthey, H.: Das Problem und Merkmale seiner Formulierung in der Forschung. – In: Problem und Methode in der Forschung. Hrsg. v. Heinrich Parthey. Berlin: Akademie-Verlag 1978. S. 11 – 36.

4 Ebenda.

onspotential bilden, um einen Innovationsprozess zur Erfüllung der Innovationsziele einzuleiten (Abb. 4).

Abbildung 4: Zielorientierende Transformationsfunktion von Innovationssystemen



Es handelt es sich um die Wandlung von Ressourcen der Naturwelt in eine technologisch betriebene Nutzwelt der Gesellschaft. Diese Transformationsfunktion muss bei wachsender Komplexität immer mehr Einflussgrößen berücksichtigen und auch mehreren Zielen gleichzeitig gerecht werden. Hinsichtlich der systemischen Verknüpfung bestehen Ordnungsstrukturen und Beziehungen sowohl nach innen als auch nach außen.

Innovationssysteme werden funktional gegliedert sowie durch Strukturen und Prozesse modellhaft abgebildet. Sie müssen bei wachsender Komplexität der Wirtschaftsstrukturen immer mehr Einflussgrößen berücksichtigen und auch mehreren Zielen gleichzeitig gerecht werden. Ihre systemische Verknüpfung erfolgt durch kausale Beziehungen sowohl nach innen als auch nach außen. Neben dem natürlichen Umsystem sind Einflüsse sozio-technischer und sozio-ökonomischer Umsysteme zu berücksichtigen. Die innere Funktionsverknüpfung von Innovationssystemen wird durch ihre Zellenstruktur, die äußere Funktionsverknüpfung durch ihre Netzstruktur dargestellt. Es lassen sich also zellenstrukturierte und netzstrukturierte Innovationssysteme unterscheiden. Sie erfüllen über eine Menge von Elementen und zwischen ihnen bestehenden Relationen durch planmäßige Wirkung ein vorgegebenes Innovationsziel. Sie lassen sich durch eine Hüllfläche von ihrer Umgebung abgegrenzt vorstellen.

Technische Innovationssysteme können funktional als statische, strukturierende Transformationen oder als dynamische, prozessorientierte Transformationen ausgebildet sein. Sie können hinsichtlich ihrer Wirkfelder auch als Innovationswerke verstanden werden (Abb. 5).⁵

5 Spur, G.: Innovation als Begriff. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)3, S. 181.

Abbildung 5: Wirkfelder technologischer Innovationssysteme



Naturtechnische Innovationssysteme sind an die Naturpotenziale Boden, Wasser oder Luft gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Naturwerke materialtechnisch oder energietechnisch orientiert. Ihre Eingangsoperanden bilden einen Eingriff in die Natur. Hierzu gehören Innovationen der Bergbautechnik, Hüttentechnik, Chemietechnik, der Land- und Fischereitechnik sowie Innovationen der gesamten Energietechnik.

Bautechnische Innovationssysteme sind als stationäre Artefakte an die Bodennatur gebunden. Ihre Transformationsoperanden wirken als ortsgebundene Bauwerke durch Strecken-, Flächen- oder Raumfunktionen. Hierzu gehören der gesamte Hoch- und Tiefbau, der Verkehrsbau und der Wasserbau.

Produktionstechnische Innovationssysteme sind als distributiv angelegte Artefakte an ihre Produktionsmittel gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Produktwerke durch ihre gebrauchstechnische Nutzungsfunktion bestimmt. Hierzu gehören die gesamte Geräte- und Maschinenteknik, die Automobiltechnik, Schiffstechnik, Flugtechnik, Textiltechnik und Drucktechnik, aber auch die stoffliche Veredelungstechnik und Haustechnik sowie alle Produkte der Lebensmittel-, Kulturtechnik und Nachrichtentechnik.

Netztechnische Innovationssysteme sind als kommunikativ strukturierte Artefakte an ihre material-, energie- oder informationsorientierten Netzwerke gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Netzwerke durch ihre logistische Verfügbarkeits- und Verteilungsfunktion zeit-, ort- und mengenbestimmt.

Diensttechnische Innovationssysteme sind als handlungsbezogene, soziotechnisch angelegte Artefakte an den Menschen gebunden. Ihre Transformationsoperanden sind als Dienstwerke auf Optimierung der Lebens- und Arbeitsgestaltung gerichtet. Hierzu gehören Innovationssysteme der Verwaltungstechnik, Handelstechnik, Versorgungs- und Entsorgungstechnik, der Medientechnik und der Gesundheitstechnik.

2. *Technologische Innovationsfähigkeit*

In der öffentlichen Diskussion besteht Übereinstimmung hinsichtlich der Notwendigkeit, die Umsetzung von neuen Erkenntnissen der Forschung in industriell nutzbare Produkte zu intensivieren. Die Entwicklung neuer Produkte, Methoden, Prinzipien und Vorgehensweisen erfordert Kreativität in Verbindung mit marktbezogener Sachkenntnis und spezifische Erfahrung. Innovationen sind mit dem Eindringen in Neuland verbunden. Dies bedeutet auch eine komplexe Erschließung bisher nicht bearbeiteter Problemfelder.

Phasensprünge sind selten, der Fortschritt ist meist evolutionär und mühsam. Eine zeitliche Streckung des Innovationsprozesses verursacht oft höhere Kosten als die eigentliche Erfindung selbst. In diesem Zusammenhang muss auch auf den hohen Investitionsaufwand hingewiesen werden, der in einer modernen Forschung unverzichtbar ist, um Spitzentechnologien zu realisieren.

Die Förderung forschungsintensiver Innovationen kann durch Subventionen unterstützt werden. Dies geschieht durch Beauftragung im staatlichen Bereich, durch marktstrategische Förderung von Schlüsseltechnologien, durch Anreizsysteme zur Unternehmensgründung und durch intensive Förderung der Grundlagenforschung. Allerdings muss das Fördersystem des Staates so organisiert sein, dass ein nachhaltiger Innovationsdruck entsteht, dem die Wirtschaft nicht ausweichen kann. Die Weiterentwicklung zur Innovationswirtschaft hängt zunehmend von der Wettbewerbsfähigkeit der Innovationsträger ab. Dabei fällt dem Bildungssystem unserer Industriegesellschaft eine wichtige Schlüsselfunktion zu. Technologische Innovationen stellen sich als neue Dimension gesellschaftlicher Verantwortung dar. Sie erfordern nicht nur Kompetenz, sondern auch strategisches Denkvermögen und die Kraft zur politischen Durchsetzung. Die Weltwirtschaft steht im globalen Wettbewerb ihrer Innovationskulturen und damit unter permanentem Handlungsdruck.

In einer hochentwickelten Industriegesellschaft ist die Innovationskreativität von zukunftsentscheidender Bedeutung. Der Erfolg des Neuen entsteht nicht durch Zufall, er entsteht durch zielorientiert geführte Innovationsprozesse. Sowohl methodisches Können als auch kreative Kunstfertigkeit lassen Neues entstehen. Kreative Fragestellungen führen zu neuen Forschungsaufgaben. Sie aktivieren neue Strukturen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit. Das Neue sichert die Zukunft. Der Zukunft wegen müssen wir das Neue wollen. Wissenschaftler und Erfinder sind als Unternehmer die Träger der Innovationen von morgen. Eine gezielte Aktivierung neuer Innovationskulturen wird an Bedeutung gewinnen.

Das Erfinden ist eine Kunstfertigkeit zur Schaffung des Neuen, gestaltet durch innovative Kreativität, die Wissen und Können, Handlungsfähigkeit und Inspiration vereinigt und sich der innovativen Vernunft als Regulativ bedient. Das Ergebnis ist meistens ein Gemeinschaftsprodukt, wirksam als Netzwerk individueller Leistungen. Benötigt wird spezialisiertes Wissen, das sich im gemeinsamen Können offenbart. Hohe Komplexität im Neuen erfordert Gemeinschaftsarbeit. Dabei erhält die Motivation im Sinne von Teamgeist eine besondere Bedeutung.

Eine entscheidende Aufgabe des Innovationsmanagements ist die zielprofilier- te Aufbereitung des Innovationsprozesses, um durch kooperatives und simultanes Forschen, Entwickeln, Produzieren und Vermarkten die Umsetzungszeit für das Neue weiter zu verkürzen.

Der ökonomische Imperativ technologischer Innovationen fordert größten Nutzen bei möglichst geringem Aufwand. Dieses bedeutet auch, eine produktive Entfaltung des technologischen Kreativpotenzials zu schaffen. Die Ansätze hierfür liegen in einer vernetzten Aktivierung der Innovationsdynamik sowohl innerhalb des Unternehmens als auch im Umfeld der Zulieferer. Die Entfaltungsmöglichkeiten der technologischen Kreativität liegen in der zielprofilierten Aktivierung von Wissen und Können sowohl im Unternehmen als auch im erreichbaren Umfeld. Sie bedürfen einer spezifischen Stimulierung aller verfügbaren Ressourcen, die zu einer vernetzten Innovationsdynamik führen. Triebkräfte sind die Kreativitätspotenziale der Innovationskultur in Verbindung mit einer zielgerichteten Handlungsfähigkeit der Innovationsplanung (Abb. 6).

Die Reform der Produktionswirtschaft erfolgt durch technologiegetriebenen Innovationsdruck, der von theoretischem Wissen, praktischer Erfahrung, entscheidungsstarker Handlungsfähigkeit sowie von kreativer Einfühlung in die Zukunftsprobleme der Wirtschaft geprägt ist.

Mit der zunehmend wissenschaftsbestimmten, global vernetzten Technik stehen der Gesellschaft Innovationspotenziale zur Verfügung, die in ihrer Komplexität und Mächtigkeit bisher nicht gekannte Dimensionen erreicht haben. Zur Bewertung technischer Innovationspotenziale müssen vergleichbare Parameter definiert werden. Diese unterliegen zeitlichen Veränderungen. Auch verläuft die Entwicklung nicht immer stetig. Komplexität und Wechselwirkung der Einflussparameter erschweren eine Voraussage über die Chancen ihrer Umsetzung.

Aus einem komplexen Innovationspotenzial lassen sich unterschiedliche Innovationsprozesse ableiten, die zu mehreren Wahrheiten führen und durchaus nebeneinander wettbewerbsfähig bestehen können. Es ist auch möglich, dass kreative Lösungswege durch Randbedingungen eingeschränkt, gehemmt oder verhindert werden. Die besonderen Schwierigkeiten liegen in der Einschätzung des Risikos.

Abbildung 6: Zielspektrum der Innovationsplanung



Technologischer Fortschritt bedarf einer permanenten wissenschaftlichen Analyse durch eine innovationsorientierte Begleitforschung. Damit würde ein prozessorientiertes Wissenschaftssystem von Erkenntnissen und Methoden entstehen, das nicht nur der optimalen Gestaltung und Führung von technologischen Wirksystemen dient, sondern auch die kreative Entfaltung des verfügbaren Innovationspotenzials gezielt fördert.

Der Erfolg basiert auf strategischer Aufarbeitung der Innovationsfähigkeit, gestützt auf Wissen und Können, immer reguliert durch kreative Vernunft und mit Verantwortung für das eigene Handeln verbunden.

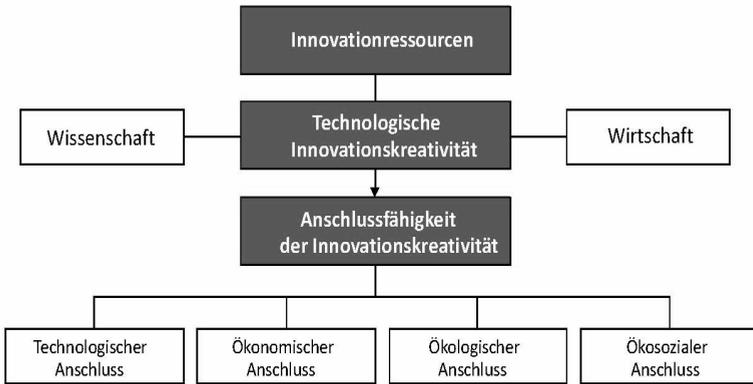
Die Anschlussfähigkeit der Innovationskreativität führt zur Frage nach der Orientierung der stetigen Weiterentwicklung zum Neuen, nach den Kriterien zur Optimierung von Innovationszielen (Abb. 7). Gefragt ist eine technologische Kreativität, die einen leistungsstarken Innovationsdruck erzeugt.

Die Innovationsfähigkeit von Kreativpotenzialen kennzeichnet ihr Vermögen, gestellte Innovationsprobleme zielgerecht zu lösen. Sie vermittelt eine Aussage über die Erreichung der Leistungsziele von Innovationen.

Innovationen entwickeln sich in einem Kreativitätspotenzial, das auf Empfindung und Eingebung, auf Wissen und Können, aber auch auf Handlungsvermögen und Entscheidungsfähigkeit beruht. Die Innovationsaufbereitung erfordert Gemeinschaftssinn in Verbindung mit individuell geprägter Leistungsbereitschaft. Die Fähigkeit zur kreativen Zusammenarbeit erweist sich auch an der Aufgeschlossenheit für die Ideen des Anderen. Deshalb ist Kommunikationsfähigkeit genauso gefragt wie Verfügbarkeit über Wissen und Können.

Eine wesentliche Leitfunktion für erfolgreiches Innovationsmanagement ist die Aktivierung aller verfügbaren Handlungs- und Wissenspotenziale. Der innovative Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis ist noch immer unter-

Abbildung 7: Anschlussfähigkeit der technologischen Innovationskreativität



entwickelt. Die produktive Entfaltung der wissenschaftlichen Kreativpotenziale ist eine wichtige Aufgabe des Innovationsmanagements. Die Wettbewerbswirtschaft hat den Erwartungsdruck gegenüber Wissenschaft und Forschung gesteigert. Innovationsfähige Kreativität ist gefragt. Sie bewirkt durch einen leistungskreativen Innovationsdruck eine produktive Unruhe am Markt. Phasensprünge werden sichtbar, die sich schrittweise durch marktorientierte Innovationschübe entwickeln, getrieben von der integrativen Eigendynamik technologischer Kreativität.

3. Technologische Innovationskreativität

Innovationsfähige Kreativität ist eine Kunstfertigkeit zur Schaffung des Neuen, dadurch gekennzeichnet, dass sie Wissen mit Können, Handlungsfähigkeit mit Inspiration vereinigt und durch innovative Vernunft reguliert wird.

Innovationsfähige Kreativität ist auf Neues gerichtet, sie verarbeitet das Neue, das sie entdeckt, aber auch das, was durch sie als Neues erfunden wird. Fragestellungen führen zum Anschluss an das Alte, um mit dem Neuen die Zukunft zu wagen. Der Zukunft wegen müssen wir das Neue wollen. Um das Neue zur Nutzung zu führen, muss es bedarfsgerecht gestaltet und zeitgerecht angeboten werden.

Die Lösung von Innovationsproblemen erfordert sowohl methodisches Können als auch praktische Fertigkeit. Die Tätigkeit von Ingenieuren hat noch immer einen Hauch der Renaissance, als ihr Tun den „Nützlichen Künsten“

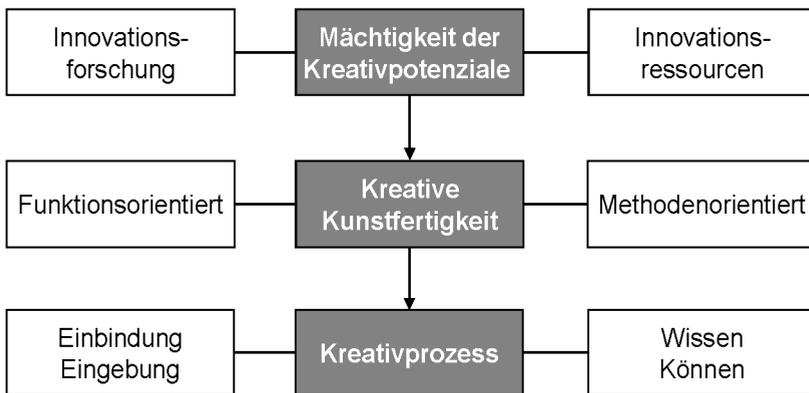
zugeordnet wurde. Allerdings ist ihr Wirkfeld heute weniger künstlerisch als wissenschaftlich profiliert. Jedoch bleibt die Ingenieurkunst des Individuums für das persönliche Erfolgserlebnis unverzichtbar.

Ein wichtiges Kriterium für den Erfolg von Innovationsprojekten ist eine gezielte Handlungsfähigkeit, die auch Durchsetzungsvermögen einschließt. Dabei gilt es, technischen Sachverstand mit wirtschaftlichem Handeln zu verbinden, wobei der Zeitdruck auf Innovationsprozesse enorm gestiegen ist.

Der ökonomische Zwang im Innovationsmanagement erfordert großen Nutzen bei möglichst geringem Aufwand. Grundlage ist eine Maximierung der Leistungsintensität des verfügbaren Innovationspotenzials. Dies bedeutet auch, eine zielgerichtete volle Entfaltungsmöglichkeit der technologischen Kreativität zu schaffen.

Die Mächtigkeit der Kreativpotenziale bereichert nicht nur die technologische Forschung, sie bildet auch die Quelle des technologischen Fortschritts und vermittelt eine zielorientierte Umsetzung durch anwendungsorientierte Kreativprozesse (Abb. 8).

Abbildung 8: Mächtigkeit der Kreativitätspotentiale



Wachstumsstarke Wirtschaftskulturen bewirken durch die kreative Mächtigkeit ihres Innovationspotenzials eine fortwährende Herausforderung der werktechnischen Kunstfertigkeit des Menschen. Durch das komplexe Eindringen der Informationstechnik in alle Wissensgebiete hat der schöpferische Geist des Menschen Entwicklungsmöglichkeiten erhalten, die alle bisherigen Vorstellungen übertreffen. Als Folge dieser Kreativität entstehen virtuelle Systeme, die über digitale Modelle in einer Hilfswelt zur Natur betrieben werden können. Innovati-

onskulturen entstehen heute nicht nur aus dem Kreativitätspotenzial einzelner Unternehmen, sie sind auch das Ergebnis einer neuen Qualität des digital vernetzten Zeitgeistes.⁶

Die Digitalisierung realer Welten basiert in hohem Maße auf schöpferischen Fähigkeiten. Sie ist auch das Ergebnis einer sich dynamisch entwickelnden mentalen Kunstfertigkeit des Menschen. Es handelt sich dabei um eine überwiegend rational-systematisch geprägte Kreativität gepaart mit einem unverzichtbaren realen Bezug. Die zukünftigen Entfaltungsmöglichkeiten virtueller Gestaltungsmittel sind immens und in ihrer speziellen Verzweigung schwerlich voraussehbar. Die Ingenieurkunst bedient sich zunehmend einer hoch qualifizierten Modellierungstechnik, um durch Simulation die Realität des Zukünftigen mit möglichst geringem Risiko gegenwärtig zu erfahren. Eine solche Virtualisierung des Geplanten erfordert allerdings einen großen Aufwand und macht auf Dauer nur dann Sinn, wenn sie an ihrer wirtschaftlichen Wirkung gemessen werden kann. Die Digitalisierung der Innovationsplanung treibt zu digitalen Investitionen, schiebt neue zielgerichtete Kreativitätspotenziale als Innovationskeil in den Markt.

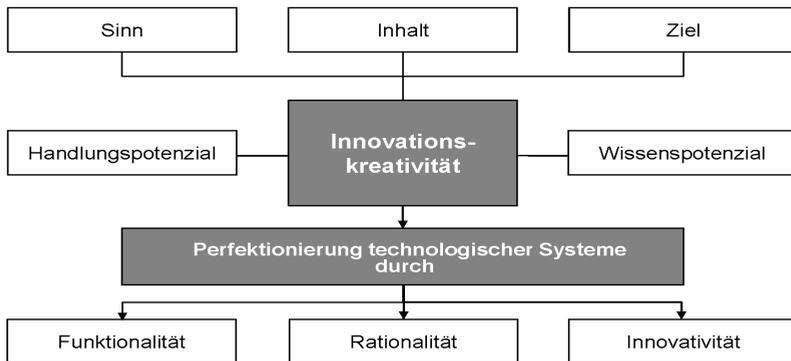
Die globale Dynamik des Wettbewerbs der Produktionswirtschaft führt zu einem Paradigmenwechsel der Produktionstechnik. Die Neue Fabrik ist ein Produkt des globalen Wettbewerbs. Sie kombiniert Wertschöpfung mit Beschäftigung. Sie bewirkt eine bewusst eingeleitete Veränderung der produktionswirtschaftlichen Arbeitswelt. Ein solcher Wandel verändert die gesellschaftliche Position der Wissenschaften und fordert zu Fragen nach einem neuen Selbstverständnis heraus. Die neuen Produktionsinnovationen werden immer mehr das Produkt wissenschaftlich-technischer Kreativpotenziale. Sie entstehen durch problemorientiertes Denken, systematisches Planen und ökonomisches Umsetzen. Das Neue muss realisiert werden und den angestrebten Zweck erfüllen. Erst die praktische Wirksamkeit gibt einer Innovation ihre Erfüllung.

Technologische Systeme geben nur dann einen Sinn, wenn ihre Prozesse funktionieren. Dies setzt voraus, dass sie gebaut und praktisch wirksam sind. Der Nutzen entscheidet über den Wert. Die bauliche Funktionsfähigkeit ist unverzichtbar. Funktionalität, Rationalität und Innovativität bilden zusammengefasst die Sachzwänge zur Perfektionierung der Kreativprozesse von Innovationssystemen (Abb. 9).

6 Jaworski, J. / Zurlino, F.: Innovationskultur: Vom Leidensdruck zur Leidenschaft. Frankfurt am Main: Campus Verlag 2009, S. 51.

Innovationssysteme sind hinsichtlich ihrer Zielsetzung unterschiedlichen Risiken ausgesetzt. Um diese zu beseitigen, ist schon in der Planungsphase eine systematische Gegensteuerung erforderlich, auch Risikomanagement genannt.

Abbildung 9: Perfektionierung der Kreativprozesse von Innovationssystemen



Zunächst gilt es, die Risiken zu identifizieren, also das Risikoprofil zu ermitteln, was sich bei hoher Komplexität der Produktionssysteme als sehr schwierig erweist. Die systematische Erfassung der Risikoparameter wird als Risikonetzwerk dargestellt und zur integrativen Bewertung aller Risikopotenziale verwendet.

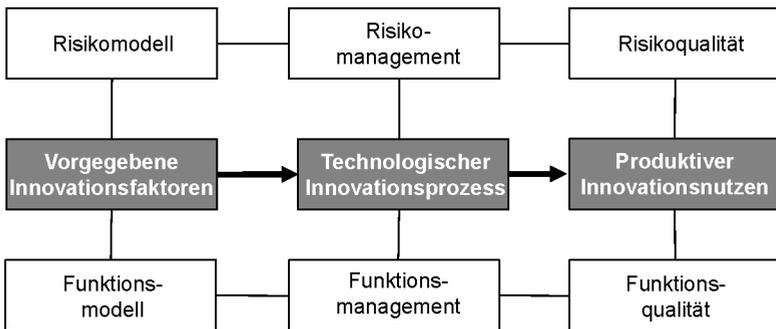
Hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer nachhaltigen Wirkung sind die Risiken zu gewichten. Dabei sind auch Wechselwirkungen zu beachten und Gegenmaßnahmen vorzuhalten. Mehrläufige Lösungsmodelle zur Fehlerkompensation sind eine wichtige Voraussetzung für flexible Handlungsmöglichkeiten im Fall des Risikoeintritts. Um sicherzugehen, kommt es auch „auf die Reserve“ an.

Zur Beherrschung der Risikomatrix muss ein systematischer Maßnahmenkatalog aufbereitet werden, der als komplexes Risikosystem verstanden werden kann. Dabei kommt es sowohl auf gute Vorausplanung als auch auf zügige Handlungsfähigkeit an. Zu unterscheiden sind Einzelrisiken, die in singulären Prozessen auftreten, und Netzwerkrisiken, die aus komplexen Wechselwirkungen entstehen. Maßnahmen zur Verminderung des Risikos sind meistens kostenintensiv. Viele Fehlleistungen sind aus Erfahrung voraussehbar. Ganz oben steht das Risiko des menschlichen Versagens.

Die Risikohaftigkeit komplexer Innovationsprozesse führt zwangsweise zu systemischen Vorsorgeplanungen. Hier sind Methoden des Qualitätsmanagements

geeignet, die durch rechnerunterstützte Regulierung entscheidungsschwierige Teilprozesse absichern. Insbesondere gilt diese Forderung nach begleitender Risikoabschätzung für kapitalintensive Innovationsprozesse. Angestrebt werden informationsintegrierte, dezentral wirksame Regulative, deren autonome Intelligenz eine periphere Überwachung aller relevanten Prozessschritte ermöglicht. Eine solche risikobezogene Ablauforganisation würde konsequenterweise digital modelliert werden und damit eine Simulation von Innovationsprozessen ermöglichen. Dies dient zur Entlastung der ereignisorientierten Planungsarbeiten bei komplexen technologischen Problemen und bildet ein Instrumentarium, das von der mühsamen Überwachung komplexer Handlungsabläufe entbindet. Ein solches Planungsmanagement führt in Kombination mit einem Risikomanagement zu einer optimierten Verarbeitung von Planungsquanten und damit auch zur Steigerung der Innovationsproduktivität (Abb. 10).

Abbildung 10: Funktionenorientiertes Risikomanagement von Innovationssystemen



Über die Methodik einer vorlaufenden simulativen Planung können Möglichkeiten erschlossen werden, Innovationsprozesse in ihrer Zuverlässigkeit, Robustheit, Sicherheit und Produktivität zu verbessern. Mit Hilfe spezifischer Algorithmen lassen sich sowohl strategische Zielsetzungen als auch operative Einzelabläufe in ihrer kommunikativen Verknüpfung durch Anpassung der Parameter optimieren.

Der globale Zwang zur permanenten Innovatisierung technologischer Produktionsprozesse ist eine Herausforderung zur Neugestaltung technischer Planungssysteme. Mangelnde Planungsverlässlichkeit führt zu instabiler Verfügbarkeit der meist sehr kapitalintensiven Investitionen und damit zu erheblichen Kostensteigerungen.

Eine solche Planungskultur darf nicht nur an technologischen Kriterien gemessen werden, sondern sie muss sich auch an den Kriterien der ökonomischen Vernunft ausrichten. Der permanente Innovationsdruck erzwingt eine neue Qualität planerischer Arbeitsleistung und ermöglicht dadurch eine periodische Erzeugung des Neuen. Gewissermaßen als Handlungsbevorratung denkbar, kann das Neue bei Bedarf kurzfristig abgerufen werden. Dabei verlagert sich der Schwerpunkt der Innovationsstrategie zunehmend auf informationstechnische Werkzeuge dezentral organisierter Zulieferbetriebe, die im Netzwerkverbund untereinander abgestimmt agieren.

Die technologische Innovationskreativität hat ein vernetztes Wirkungsfeld, das sich in Produktorientierung und Produktionsorientierung aufteilt. Sie ist ein Teilgebiet des Innovationsmanagements, das durch kreativ-gestaltende Tätigkeiten der Entscheidung, der Durchsetzung, der Verwirklichung und der neutralen Aufsicht bestimmt wird.

4. Problemorientierte Innovationskreativität

Die Entwicklung der Technik lehrt, dass Kreativität zur Realität des jeweiligen Entwicklungsstandes der Technik anschlussfähig sein muss, um erfolgreich wirken zu können. Das Neue ist zum Wandel des Gegenwärtigen befähigt und leitet den Fortschritt ein. Damit stellt sich aber auch die Frage nach der Orientierung dieser Weiterentwicklung zum Neuen, nach den Kriterien zur Bewertung von Innovationen.

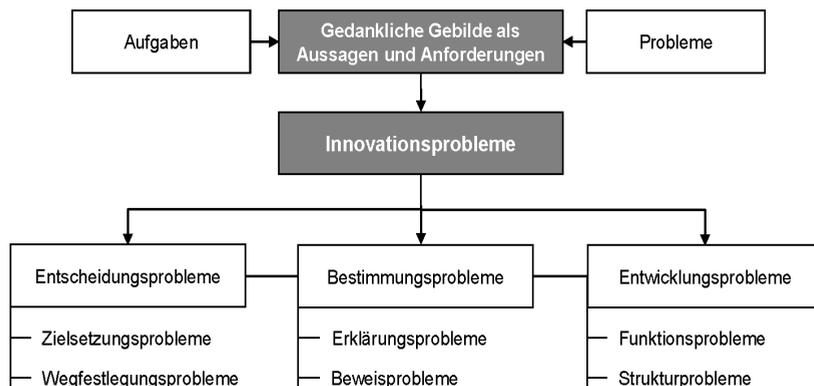
Technologische Kreativität ist komplex und gleichzeitig spezifisch angelegt. Ideen allein reichen nicht aus, um Innovationsprozesse auszulösen. Es kommt auf die innovationskreative Mächtigkeit der gedanklichen Erkenntnisssysteme an, um methodisch einen Kreativprozess zur Lösung aufbereiteter Problemstellungen einzuleiten und zielorientiert unter Absicherung gegen zu erwartende Risiken zum geplanten Erfolg zu führen.

Intelligenz und Kreativität sind zwei sich teilweise überschneidende Kompetenzen. Kreative Ideengenerierung zur optimalen Lösungsgestaltung erfordert systemisches Denken, aber auch die Realisierung und Umsetzung kontextbezogener Planungsziele. Während es zunächst um die Generierung möglichst vieler und vielfältiger Lösungen geht, müssen diese anschließend konsequent analysiert, geprüft und problemorientiert aufbereitet werden.

Die Problembeschreibung umfasst Zielgrößen und Soll-Situationen, Ausgangsgrößen und Ist-Situationen sowie die Hemmnisse zur Problemlösung. Abbildung 11 zeigt die Aufgliederung der Problemlösungsphase nach Parthey⁷. Technologische Innovationsprozesse sind durch eine große Problemdichte ge-

kennzeichnet, die zu einem hohen Anteil schöpferischer Tätigkeit herausfordert. Die sich stellenden Innovationsprobleme werden mit der Generierung funktions-erfüllender Prinzipien durch kreative Tätigkeiten gelöst.⁸

Abbildung 11: Aufgliederung der Problemlösungsphase (in Anlehnung an Parthey)



Parthey⁹ untersuchte die Problemstruktur der Technikwissenschaften. Er unterscheidet Problemsituationen der Forschung von solchen der Praxis: Forschungsprobleme sind wissenschaftlich formulierte Erkenntnisprobleme, aber nicht jedes wissenschaftlich formulierte Innovationsproblem enthält die Zielstellung, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen. Die Haupttypen lassen sich in Bestimmungsprobleme zur Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in Form von Aussagen und in Entscheidungsprobleme zur Beherrschung des methodischen Vorgehens in der Forschung in der Form von neuen methodischen Regeln und Prinzipien und deren Systeme unterteilen.¹⁰

Für die Technikwissenschaften sind Bestimmungs- und Entscheidungsprobleme, in zunehmendem Maße aber auch ihre Kombination mit Entwurfsproblemen besonders relevant.¹¹ Ein Entwurfsproblem liegt immer dann vor, wenn bekannten

7 Parthey, H.: Das Problem und Merkmale seiner Formulierung in der Forschung. A. a. O..

8 Siehe Parthey, H. / Schlottmann, G., Problemtypen in den Technikwissenschaften. - In: Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Eine methodologische Analyse und philosophische Diskussion der Erkenntnisprozesse in den Technikwissenschaften. Hrsg. v. Gerhard Banse u. Helge Wendt. Berlin: Verlag Technik 1986. S. 44 - 53.

9 Ebenda.

10 Ebenda.

11 Ebenda.

Funktionen funktionserfüllende Strukturen zuzuordnen sind. Am sinnfälligsten tritt dieser Problemtyp im konstruktiven Prozess hervor, wenn zu einer technischen Funktion ein entsprechendes Element gesucht wird. Als Denkmodell erweist sich hierbei die Black-box-Darstellung der Systemtheorie für zweckmäßig. Abhängig vom Fachgebiet werden in der Regel mehrere mögliche Inhalte, d. h. mehrere bekannte Strukturen als funktionserfüllend angebbbar sein. Diese Mehrdeutigkeit mit dem Rückgriff auf bekannte Strukturen reduziert das Entwurfsproblem auf ein Entscheidungsproblem.¹²

Aus der Problemdefinition und ihrer Bewertung erfolgt neben der Priorisierung von Problemen eine Einteilung in technologische Probleme und organisatorische Probleme. Diese beiden Kategorien beinhalten jeweils als Prototypen Abweichungsprobleme, Komplexitätsprobleme und Entscheidungsprobleme. In vielen Situationen treten diese Problemtypen gemischt auf und erschweren damit die Problemlösungsprozesse.

Ganzheitlich wirkende Probleme werden möglichst hierarchisch in Teilprobleme gegliedert. Dabei treten verschiedene Problemtypen auf, die identifiziert und unterschiedlich bearbeitet werden müssen. Hierfür kann eine Kategorisierung der Problemarten hilfreich sein.

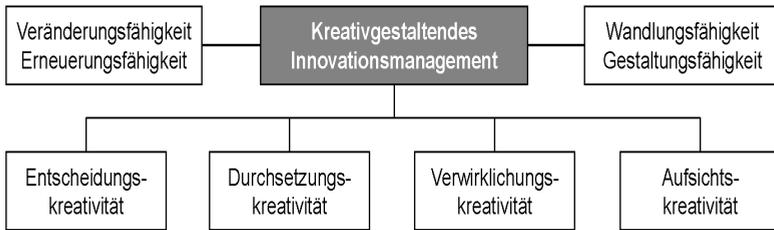
Der Innovationsprozess erfordert somit produktiv-schöpferische Fähigkeiten des Bewusstseins, um Neues durch neue Vorstellungen und neue Gedankenverknüpfungen zu gestalten. Dabei ist zu beachten, dass das Neue allein noch keine Innovation ist: Erst die problemlösenden Effekte leiten den Innovationsprozess ein. Die verfügbare innovationsfähige Kreativität muss komplex und gleichzeitig spezifisch angelegt sein. Das schliche Erfinden reicht nicht aus, um Innovationsprozesse auszulösen. Es kommt auf die innovationskreative Mächtigkeit der gedanklichen Erkenntnisssysteme für zukunftsorientiertes Handeln an, um methodisch einen Kreativprozess zur Lösung von aufbereiteten Problemstellungen einzuleiten und zielorientiert unter Absicherung gegen zu erwartende Risiken zum geplanten Erfolg zu führen.

Das Wirkpotenzial der Innovationskreativität durchdringt den Leistungserstellungsprozess der gesamten Innovationsentwicklung (Abb. 12).

Die individuelle Kreativität hat zwar nach wie vor eine große Bedeutung, ist aber ohne anschlussfähige Netzarbeit kaum wirksam. Technologische Kreativität beruht auf Empfindung und Eingebung, auf Wissen und Können, aber auch auf Handlungsvermögen und Entscheidungsfähigkeit. Sie offenbart Kunst und Können. Von Ideen getrieben entsteht das Neue durch praktisches Handeln.

12 Ebenda.

Abbildung 12: Kreativbestimmte Teilgebiete des Innovationsmanagements



Triebkräfte sind die Kreativitätspotenziale der technologischen Vernunft mit ihrer anschlussfähigen Orientierung auf Probleme einer dynamisch wachsenden Innovationswirtschaft. Die produktive Entfaltung des technologischen Kreativpotenzials liegt in der Verantwortung des Innovationsmanagements.

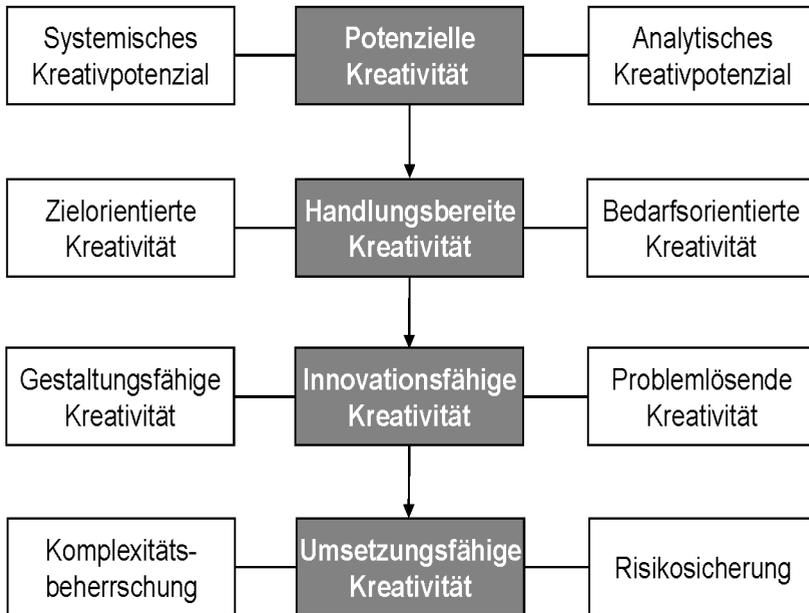
Eine bestimmte Innovationsfunktionalität wird durch verschiedene geometrische und technologische Gestaltungsmöglichkeiten realisiert. Für definierte geometrische Formen und festgelegte Werkstoffe können alternative Herstellungsverfahren zur Anwendung kommen. Die potenziellen Beziehungen müssen in ihrer Vielfalt koordiniert und bestmögliche Zusammenhänge ausgewählt werden. Hierbei ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass technische Innovationsobjekte sich nicht nur aus materiellen Bestandteilen zusammensetzen, sondern verstärkt auch aus immateriellen Komponenten bestehen.

Innovative Kreativität vereint Wissen und Können, Handlungsfähigkeit und Inspiration und bedient sich der innovativen Vernunft als Regulativ. Dabei ist das Ergebnis meistens ein Gemeinschaftsprodukt, wirksam als Netzwerk individueller Leistungen. Es kommt auf spezialisiertes Wissen an, was sich im gemeinsamen Können offenbart. Hohe Komplexität im Neuen erfordert Gemeinschaftsarbeit. Dabei erhält die Motivation im Sinne von Teamgeist eine besondere Bedeutung.

Die großen Innovationen unserer Zeit waren immer ein Netzprodukt des wissenschaftlich-technischen Kreativpotenzials. Schöpferisches Handeln erfährt im Wechselspiel mit erfolgreicher praktischer Anwendung einen unverzichtbaren Antrieb zur Anreicherung der Innovationsprozesse. Dennoch ist es Irrtum zu glauben, dass der Erfolg selbstläufig ist. Innovationsfähige Kreativität bedarf der Pflege aller Wirkfaktoren (Abb. 13).

Die Sicherung der Zukunft steht unter dem Imperativ der kreativen Nutzung aller Innovationspotenziale in Wissenschaft und Wirtschaft. Wenn technologische Innovationen als Teil unserer kulturellen Entwicklung auf Wandel und Fortschritt der Produktionswirtschaft gerichtet sind, dann will die

Abbildung 13: Netzpotenziale innovationsfähiger Kreativität



Innovationsforschung lehren, wie dieses System der kreativen Erneuerung begründet ist und in seiner gesamtwirtschaftlichen Einbettung optimiert werden kann. Die kreative Erneuerung der global vernetzten Technologiekultur ist die Grundaufgabe technologischer Innovationsforschung.¹³

Der technologische Innovationsdruck entspringt handlungsorientierter Kreativität und beweist sich durch das Machbare. Fortschritt wird von bewusster Rationalität geleitet. Er beruht auf wissenschaftlicher Forschung, auf Erklärungsfähigkeit im praktischen Gestalten und auf innovativem Handlungsvermögen. Kreativität wird von der Zweckerationalität zur Schaffung des Neuen durch kulturelle, technologische, ökonomische und politische Wirkfaktoren aktiviert.

Kreativität bewirkt die Entstehung des Neuen. Bereichert durch technologisches Wissen bildet sie die Quelle des Fortschritts und vermittelt eine zielorien-

13 Spur, G.: Kreativitätsmanagement von Innovationssystemen. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106 (2011) 5, S. 377.

tierte Handlungsweise. Die innovative Vernunft wirkt als Richtfeld technologischer Kreativpotenziale zur Schaffung des Neuen.

Wichtig ist die Entwicklung einer kreativen Innovationskultur als Voraussetzung einer gezielten und erfolgreichen Innovationsplanung. Die Zukunftssicherung der Gesellschaft erfordert eine nachhaltige Strategie zur Entwicklung und Nutzung aller nachwachsenden geistigen Ressourcen zur Entwicklung von Kreativität. Die Wirtschaft ist mehr denn je auf eine Selbstaktivierung ihrer kreativen Forschungspotenziale angewiesen. Wachstumsstarke Wirtschaftskulturen setzen eine kreative Mächtigkeit ihres Innovationspotenzials voraus.

Die Produktionswirtschaft des Weltmarktes steht zunehmend unter dem Innovationsdruck einer neuen Technologiekultur, basierend auf komplexer Kommunikationsfähigkeit und schneller Zugänglichkeit zu Informationen sowie gezielter Nutzung eines global vernetzten Kreativitätspotenzials.

Markterfolge sind vom Kreativitätspotenzial des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts abhängig. Nachhaltig davon abgeleitete Innovationsprozesse zielen auf eine dauerhafte Stabilisierung der Produktionswirtschaft. Deren existenzielle Basis beruht auf effizienter Nutzung kreativer Ressourcen, getrieben von Erfindungsreichtum im praktischen Gestalten und verknüpft mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung. Dabei bestimmt der technische Fortschritt durch seine komplexe Wirkung nicht nur das Sachpotenzial unserer Wirtschaftswelt, sondern er durchdringt zunehmend unsere Umwelt als Teil unserer Lebenskultur. Die individuelle Kreativität des Einzelnen hat zwar nach wie vor eine große Bedeutung, ist aber ohne soziotechnische Vernetzung kaum noch wirksam. Eine Schlüsselrolle spielt die angepasste Verfügbarkeit von technologischer Kreativität. Sie ist für die Erschließung fortgeschrittener Innovationspotenziale unverzichtbar.

Die technologischen Innovationen der Weltwirtschaft entwickeln sich aus kulturell unterschiedlich geprägten Kreativitätspotenzialen. Ihre informationstechnische Verknüpfung öffnet komplexe Möglichkeiten zur kreativen Entfaltung in einer Weise, die das bisher Vorstellbare übertrifft. Die Zukunft gehört all denen, die über kreative Netzwerke verfügen, um im kulturellen Wettbewerb der innovationsstarken Wirksysteme zu bestehen. Es kommt auf das kreative Können an.

Technologische Innovationen müssen auf den Lebensgesetzen der Natur basieren. Offen bleibt die Frage, an welchem Gesellschaftsbild sich technologische Innovationskulturen orientieren. Das Kreativitätspotenzial der Welt ist offen. Es wirkt als Herausforderung zu einem Wandel der Welt.

Der Zusammenhang von institutioneller und epistemischer Diversität in der Forschung - Umriss eines Forschungsprogramms

1. Politische Sorgen und fehlende Argumente

Die epistemische Diversität der Forschung – die Vielfalt von Themen, Objekten, Problemen und Herangehensweisen an Problemlösungen – ist zu einem Sorgenkind der Forschungspolitik geworden. Versuche des Staates, die Selektivität der Forschungsfinanzierung zu erhöhen, und die stärkeren und homogeneren Anreize für Universitäten haben Befürchtungen aufkommen lassen, die Diversität der Forschung könnte übermäßig eingeschränkt werden. Spezifische Einwände beziehen sich zum Beispiel auf die Selektivität der Research Assessment Exercise.¹ Aber auch die Profilbildung durch Schaffung kritischer Massen steht unter dem Verdacht, die Diversität der Forschung unzulässig zu beschränken. Das wichtigste Beispiel für diese Diskussion ist die Wahrnehmung einer Gefährdung der kleinen Fächer durch die einheitliche Reaktion der Universitäten auf externe Signale.²

Diesen Diskussionen ist der Verdacht gemeinsam, dass die zurückgehende institutionelle Diversität – die Vielfalt von Selektionskriterien und Handlungserwartungen, die forschungspolitischen Regelsystemen einbeschrieben ist – die epistemische Diversität verringern könnte. Dabei wird auch auf die beiden Wege

1 Gläser, J. / Laudel, G. / Hinze, S. / Butler, L., Impact of Evaluation-based Funding on the Production of Scientific Knowledge: What to Worry About, and How to Find Out. Forschungsbericht, Expertise für das BMBF (2002), <http://www.sciencepolicystudies.de/dok/expertise-glaelau-hin-butler.pdf>; Joint statement (2003). The Higher Education White Paper and research funding selectivity. 18th June 2003 http://www.psa.ac.uk/psanews/HEFCE_Joint_Statement.htm (Zugriff 14.9.2008), Molas-Gallart, J. / Salter, A., Diversity and Excellence: Considerations on Research Policy. IPTS Report (2002), <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/home/report/english/articles/vol66/ITP1E666.html> (Zugriff 14.9.2008); Rafols, I. / Leydesdorff, L. / O'Hare, A. / Nightingale, P. / Stirling, A., How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management. – In: Research Policy 41 (2012), S. 1262-1282.

2 Hochschulrektorenkonferenz, Die Zukunft der kleinen Fächer: Potenziale – Herausforderungen – Perspektiven, Bonn: Hochschulrektorenkonferenz 2007.

hingewiesen, auf denen dies möglich sein soll. Die epistemische Diversität kann direkt eingeschränkt werden, wenn Forschung durch die Politik oder in Forschungseinrichtungen nach einheitlichen Kriterien selektiert wird. Indirekte Effekte entstehen, wenn Wissenschaftler die (jeweils gleichen) Selektionskriterien antizipieren und ihre Forschungen daran ausrichten.

Diese Debatte kann bislang nicht auf theoretische oder robuste empirische Argumente zurückgreifen. Während das Verschwinden ganzer Fächer unzweifelhaft einen Verlust bedeutet, wirft jede Debatte um den Rückgang der Diversität innerhalb eines Faches zunächst die Frage auf, welches Maß an Diversität notwendig oder förderlich ist. Diese theoretische Frage hat sich die Wissenschaftssoziologie noch nicht gestellt. Wir wissen über die epistemische Diversität der Forschung so wenig, dass wir eigentlich nur mit Analogien aus der Biodiversitätsforschung argumentieren können.

Nimmt man auf der Grundlage solcher Analogien an, dass ein Mindestmaß an Diversität für die Wissensproduktion notwendig oder wenigstens förderlich ist, stellt sich als nächstes die Frage, ob sich die epistemische Diversität tatsächlich infolge forschungspolitischer Maßnahmen verringert. Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir Diversität messen und Veränderungen der Diversität kausal auf forschungspolitische Maßnahmen zurechnen können. Das scheitert bislang schon daran, dass wir die Diversität der Forschung noch nicht einmal messen können. Die verschiedenen Vorschläge, die im Kontext der Forschung zur Interdisziplinarität von Bibliometrikern unterbreitet worden sind, operieren mit Kategorien, deren Validität und Reliabilität insbesondere bei kleinen Fallzahlen als fraglich angesehen werden muss.³

Wir sehen uns also mit einem neuen forschungspolitischen Problem konfrontiert, auf das wir wissenschaftlich nicht vorbereitet sind. Zugleich haben wir ein theoretisches Problem – die Frage nach dem Zusammenhang von institutioneller und epistemischer Diversität – das überhaupt erst einmal präzise formuliert werden muss. Das Ziel meines Beitrages besteht darin, unser Unwissen genauer zu umreißen und den theoretischen, methodischen und empirischen Forschungsbedarf zu skizzieren. Zu diesem Zweck werde ich zunächst anhand von Analogieschlüssen demonstrieren, warum die epistemische Diversität wahrscheinlich eine wichtige Erfolgsbedingung von Forschung ist (2). Anschließend frage ich, welche Kausalmechanismen vorstellbar sind, die zwischen der institutionellen und der epistemischen Diversität der Forschung vermitteln (3). Diesen Vermittlungsprozess kann ich aus einem Beispiel aus der empirischen Analyse der australischen universitären Forschung illustrieren (4). Aus diesen verschiedenen Bausteinen und den durch sie indizierten Leerstellen lassen sich Desiderata künftiger Forschung zur Diversität ableiten (5).

2. *Epistemische Diversität als Innovationsbedingung*

Unter Diversität verstehen wir allgemein die Verschiedenheit der Elemente eines Systems. Diese Verschiedenheit kann direkt gemessen werden, indem die paarweisen Unterschiedlichkeiten aller Elemente gemessen und aggregiert werden. Eine Alternative besteht darin, Eigenschaften der Elemente zu kategorisieren und die Verteilung der Elemente über die Menge der Kategorien zu beschreiben. Wir kennen den Begriff vor allem aus der Ökologie, die sich mit der Biodiversität in Biotopen beschäftigt. Die Biodiversitätsforschung interessiert sich für die genetische Diversität innerhalb einer Art und bestimmt diese, indem sie die genetische Unterschiedlichkeit der Individuen einer Art berechnet. Sie fragt auch, wie viele Arten in einem Biotop vorkommen, wie verschieden diese Arten voneinander sind und wie viele Individuen von jeder Art im Biotop vorhanden sind.

Wenn wir diese Überlegungen auf Wissenschaft übertragen, dann können wir die Diversität eines Wissenschaftsgebietes anhand der Verteilung seiner Forschungsprozesse über thematische Kategorien beschreiben. Wir können Forschungsthemen innerhalb des Gebietes definieren und fragen, wie unterschiedlich diese Themen sind und wie viele Forschungsprozesse zu jedem Thema stattfinden. Die Idee vom „Thema“ lässt sich noch spezifizieren, weil jedes Element eines Forschungsprozesses zum Gegenstand einer Analyse der Diversität gemacht werden kann. Wir können zum Beispiel fragen, wie viele Forschungsprozesse die

- 3 Zu früheren Versuchen siehe Porter, A. / Chubin, D. E., An indicator of cross-disciplinary research. – In: *Scientometrics* 8(1985), S. 161–176; Van Leeuwen, T. / Tijssen, R., Interdisciplinary dynamics of modern science: analysis of cross-disciplinary citation flows. – In: *Research Evaluation* 9 (2000), S. 183–187; Sanz-Menéndez, L. / Bordons, M. / Zulueta, M., Interdisciplinarity as a multidimensional concept: its measure in three different research areas. – In: *Research Evaluation* 10(2001), S. 47–58; Bordons, M. / Morillo, F. / Gómez, I., Analysis of cross-disciplinary research through bibliometric tools. – In: *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*. Hrsg. von Moed, H. / Glänzel, W. / Schmoch, U.. Dordrecht: Kluwer 2004, S. 437–456; Rafols, I. / Leydesdorff, L. / O’Hare, A. / Nightingale, P. / Stirling, A., How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management. – In: *Research Policy* 41(2012), S. 1262–1282. Die verbreitete Strategie, die Interdisziplinarität von Publikationen anhand der Verteilung ihrer Referenzen über die Kategorien des Web of Science zu messen, ist von Rafols und Meyer als inakkurat kritisiert worden. Rafols, I. / Meyer, M., Diversity measures and network centralities as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience. – In: *Proceedings of ISSI 2007, Volume 2*. Hrsg. v. Torres-Salinas, D. / Moed, H. F. Madrid 2007, S. 631–637. Rafols und Meyer haben die Referenzen selbst auf der Basis der in Titel oder *abstract* berichteten zentralen experimentellen Methodologie kategorisiert (*ibid.*, S. 641–642). Sie haben außerdem mit derselben Methode Zitierungen der Artikel kategorisiert, um die Arenen, in denen das produzierte Wissen genutzt wird, zur Messung der Interdisziplinarität heranzuziehen (*ibid.*, S. 644).

verschiedenen Methoden des Gebietes anwenden oder ein bestimmtes empirisches Objekt (zum Beispiel einen der Modellorganismen) verwenden. Untersucht man die Diversität als Verteilung von Elementen über eine Menge von Kategorien, dann müssen die Zahl der Kategorien, ihre Unterschiedlichkeit und die Verteilung der Forschungsprozesse über diese Kategorien gemessen werden. Diese Kategorien können jeweils separat als partielle Diversitätsmaße verwendet oder in synthetischen Indikatoren kombiniert werden.

In der Biodiversitätsforschung wird einer hohen Diversität ein positiver Einfluss auf die Stabilität und Anpassungsfähigkeit eines Biotops zugeschrieben. Wenn wir unser wissenschaftssoziologisches Wissen und Analogieschlüsse aus der Biodiversitätsforschung auf die Rolle der epistemischen Diversität der Forschung anwenden, lassen sich folgende Hypothesen über positive Wirkungen der Diversität formulieren:

2.1. Eine größere Diversität bietet bessere Chancen auf raschen Fortschritt unter extremer Unsicherheit.

Eine größere epistemische Diversität bedeutet letztlich die Existenz einer größeren Zahl unterschiedlicher wissenschaftlicher Perspektiven oder einen höheren Grad der Unterschiedlichkeit der Perspektiven in einem Fachgebiet. Diese erweisen sich in der Lösung von Forschungsproblemen unter extremer Unsicherheit als vorteilhaft. Situationen extremer Unsicherheit bestehen, wenn nicht bekannt ist,

- was überhaupt das Problem ist,
- ob das Problem beim gegenwärtigen Stand des Wissens gelöst werden kann,
- wie das Problem gelöst werden kann,
- welches Wissen als Ausgangsbasis für die Problemlösung dienen kann und welches für falsch gehalten werden muss und
- wer das Problem lösen kann.

In diesem Fall scheint es vorteilhaft, dass so viele unterschiedliche Problemformulierungen und Kombinationen von Problemen, Herangehensweisen und Problemlösern ausprobiert werden wie möglich.⁴ Die Diversität der Perspektiven auf eine Lücke im Wissensbestand einer Fachgemeinschaft erhöht in solchen Situationen die Wahrscheinlichkeit einer raschen Schließung der Wissenslücke. Das setzt einerseits voraus, dass die Wissenschaftler überhaupt in der Lage sind, ihre individuellen Perspektiven anzuwenden. Dass dies tatsächlich der Fall ist, werde ich im folgenden Abschnitt kurz begründen. Andererseits müssen aber die unter-

4 Gläser, J., Wissenschaftliche Produktionsgemeinschaften. Die soziale Ordnung der Forschung. Frankfurt am Main: Campus 2006, S. 94-95.

schiedlichen Perspektiven auch existieren und hinreichend verschieden voneinander sein. Diese Eigenschaft eines Fachgebietes wird durch dessen epistemische Diversität beschrieben.

2.2. Eine größere Diversität erhöht die Wahrscheinlichkeit von wissenschaftlichen Innovationen, die auf einer Neukombination von Wissen beruhen.

Diese Überlegung unterliegt all den Argumenten, die die Interdisziplinarität von Forschungen als besonders innovationsfördernd ansehen. Die Neukombination von Wissen ist einer der Mechanismen, die neue Fachgebiete entstehen lassen.⁵ Sie bringt auch wissenschaftliche Innovationen hervor. Dies geschieht zum Beispiel durch neue Kombinationen von Forschungsobjekten und Untersuchungsmethoden oder durch das Herstellen von Verbindungen zwischen bislang unverbundenen Gebieten.⁶

Die Neukombination von Wissen scheint ein Basisprozess wissenschaftlicher Innovationen auf allen Aggregationsebenen zu sein. Studien zum Erfolg von Förderprogrammen für fächerübergreifende Forschung zeigen, dass die für eine Förderung vorausgesetzte Interdisziplinarität Gruppen von Antragstellern veranlasst, neue Kombinationen von Wissensbeständen oder neue Kombinationen von Perspektiven auf Wissensbestände vorzuschlagen. Diese Unternehmen sind über unterschiedlich lange Zeiträume erfolgreich, was neben der Förderdauer auch von der ‚Ergiebigkeit‘ der Kombination von Wissen abhängt.⁷

Welche Neukombinationen von Wissen überhaupt möglich sind, hängt natürlich von der Diversität des Wissensbestandes ab, auf den zurückgegriffen werden kann. Deshalb erhöht eine größere epistemische Diversität die Kombinationsmöglichkeiten. Zugleich wird deutlich, dass Interdisziplinarität von Wissensbeständen und Forschungsprozessen in der Tat eine Form epistemischer Diversität ist.

5 Gläser, J., *Wissenschaftliche Produktionsgemeinschaften. Die soziale Ordnung der Forschung.* Frankfurt am Main: Campus 2006, S. 253.

6 Laudel, G. / Gläser, J., *The ERC's impact on the grantees' research and their careers (EURECIA, Work package 4 summary report).* 2012. <http://www.eurecia-erc.net/wp-content/uploads/EURECIA-ImpactOnResearchContentAndCareers-SummaryReport.pdf>

7 Laudel, G., *Interdisziplinäre Forschungsk Kooperation: Erfolgsbedingungen der Institution »Sonderforschungsbereich«.* Berlin: edition sigma 1999; Laudel, G. / Valerius, G., *Innovationskollegs als »Korrekturinstitutionen« im Institutionentransfer? Abschlussbericht zum DFG-Projekt »Innovationskollegs als Instrument der Umgestaltung der univ ersitären Forschung im ostdeutschen Transformationsprozess – Akteure, Strukturen und Effekte«.* FIT Arbeitsberichte. Frankfurt (Oder): Europa-Universität Frankfurt, Frankfurter Institut für Transformationsforschung 2001.

2.3. Eine größere Diversität bedeutet eine bessere Fähigkeit von Fachgebieten, sich an Turbulenzen in der Umwelt (zum Beispiel Veränderungen in der Forschungspolitik) anzupassen.

Dieses Argument beruht auf einem Analogieschluss aus der Biodiversitätsforschung, in der die größere Diversität eines Biotops als ein dessen Anpassungsfähigkeit an Umweltschwankungen begünstigender Faktor angesehen wird. Es lässt sich auf die Beziehungen zwischen Fachgebieten und ihren forschungspolitischen Umwelten anwenden. Diese Umwelten stellen Ressourcen für die Forschung bereit, spezifizieren dabei aber in der Regel Umfang und Art der Ressourcen sowie die Zeiträume, in denen die Forschungen durchgeführt werden müssen. Auch generieren forschungspolitische Umwelten Erwartungen an Fachgebiete, z.B. bezüglich der Lösung praktischer Probleme. Diese Ressourcenangebote und Erwartungen passen unterschiedlich gut auf die verschiedenen Forschungsprobleme, die in einem Fachgebiet zur Bearbeitung anstehen, und definieren damit eine Menge von in einem Land bearbeitbaren Problemen. Verändert sich nun die forschungspolitische Umwelt dramatisch (d.h. radikal in kurzer Zeit), dann hängt es von der Diversität der in einem Fach ‚vorgehaltenen‘ Menge von Forschungsproblemen ab, in welchem Ausmaß das Fach die Wissensproduktion unter den neuen Bedingungen fortsetzen kann.

Diese Überlegungen zu günstigen Wirkungen der Diversität sind plausibel, ergeben aber noch keine Theorie. Das wird deutlich, wenn man sich die Frage vorlegt, ob es ein ‚Zuviel‘ an Diversität geben kann. Auch dies ist plausibel, wenn man sich sagt, dass zum Beispiel die Kohärenz der Forschungen verloren gehen kann. Diese Überlegung spielt zum Beispiel bei der Begutachtung interdisziplinärer Forschung in Sonderforschungsbereichen eine Rolle, in der nicht nur die Interdisziplinarität, sondern auch die Kohärenz des Forschungsprogramms beurteilt wird.⁸ Auch Rafols et al. behandeln Kohärenz als eine notwendigen Begleiterin von Interdisziplinarität.⁹ Wir sind jedoch bezüglich des Wechselverhältnisses von Diversität und Kohärenz und bezüglich eines ‚günstigen‘ Niveaus von epistemischer Diversität auf Vermutungen angewiesen, da wir einfach zu wenig darüber wissen.

Wir können als gesichert annehmen, dass die epistemische Diversität von Fachgebieten ständig durch drei endogene Prozesse verändert wird. Erstens stei-

8 Laudel, G., Interdisziplinäre Forschungsk Kooperation: Erfolgsbedingungen der Institution »Sonderforschungsbereich«. Berlin: edition sigma 1999.

9 Rafols, I. / Leydesdorff, L. / O'Hare, A. / Nightingale, P. / Stirling, A., How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management. – In: Research Policy 41(2012), S. 1262-1282.

gern jedes neue wissenschaftliche Ergebnis und jeder neue Forschungsprozess die Diversität eines Fachgebietes. Zweitens treibt die Akkumulation von Wissen die interne Differenzierung der Wissenschaft in immer neue Spezialgebiete voran, wodurch auch die Diversität der Wissenschaft ständig erhöht wird. Drittens bemühen sich Wissenschaftler unaufhörlich um eine Integration des existierenden Wissens. Eine theoretische Integration, die große Mengen von Fakten unter Theorien ordnet, kann als eine Verringerung der Diversität angesehen werden.

Diese zwei die epistemische Diversität steigernden und der die Diversität senkende Prozess werden durch die Wissenschaftssoziologie seit langem erforscht, wurden aber bislang nicht unter dem Aspekt der Diversität betrachtet.¹⁰ Während man sich aber von hier aus wenigstens zu einer Betrachtung der Diversität vorarbeiten könnte, wissen wir fast nichts über den Einfluss von forschungspolitischen Bedingungen und Steuerungsversuchen auf die Diversität der Forschung. Hier sind wir auf anekdotische Evidenz und Plausibilitätsbetrachtungen angewiesen. Um zu einer Theorie vorzudringen, müssen Veränderungen der epistemischen Diversität der Forschung kausal auf die Governance der Forschung zugerechnet werden können. Am Beginn solcher Überlegungen steht die Frage ob – und wenn ja, wie - forschungspolitische Steuerungsversuche überhaupt Einfluss auf die Inhalte der Forschung nehmen können. Ein solches Verbindungsstück nachzuweisen ist ja unerlässlich, wenn wir der institutionellen Diversität eine Wirkung auf die epistemische Diversität der Forschung nachweisen wollen.

3. Wie kann Governance Forschungsinhalte (und damit deren Diversität) beeinflussen?

Die institutionelle Diversität in der Wissenschaft kann die epistemische Diversität von Forschungsgebieten überhaupt nur beeinflussen, wenn institutionelle Handlungsbedingungen – oder allgemeiner Strukturen und Prozesse der Governance – einen systematischen Einfluss auf Forschungsinhalte haben, d.h. die Inhalte vieler Forschungsprozesse in ähnlicher Weise beeinflussen können. Dass das so ist, ist eine implizite Annahme der Forschungspolitik, der Wissenschaftssoziologie und der Wissenschaftspolitik-Forschung, die durchaus auch durch anekdo-

10 Für die systemtheoretische Perspektive siehe zum Beispiel Stichweh, R., Differenzierung der Wissenschaft. – In: Zeitschrift für Soziologie. 8(1979), S. 82-101. Im wissenschaftssoziologischen Mainstream hat Michael Mulkay mit seinem Modell der Entstehung von Fachgemeinschaften durch „Verzweigung“ denselben Prozess behandelt, Mulkay, M., Drei Modelle der Wissenschaftsentwicklung. - In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 18(1975), S. 48-61.

tische Evidenz gestützt wird. Letztlich geht unser Wissen in diesem Punkt nicht über das hinaus, was die Übertragung politischer Erfahrungen und allgemeiner soziologischer Einsichten nahe legen: Governance – die intentionale Interdependenzbewältigung von Akteuren – beeinflusst das Verhalten von Wissenschaftlern und damit höchstwahrscheinlich auch die Handlungen, die neues Wissen generieren. Wie dies genau geschieht, ist bisher nicht systematisch beschrieben worden. Deshalb ist auch nicht klar, auf welche Weise Makro-Effekte wie die Veränderung der epistemischen Diversität eines Fachgebietes zustande kommen können.

Ich habe mich an anderer Stelle ausführlicher mit dieser Frage befasst und kann hier meinen Vorschlag einer Antwort nur kurz rekapitulieren.¹¹ Ausgangspunkt meiner Überlegungen ist die Beobachtung, dass Wissenschaftler autonom über ihre Forschungsprobleme entscheiden. Diese Beobachtung ist durch die konstruktivistische Wissenschaftssoziologie und durch wissenschaftshistorische Studien empirisch sehr gut abgesichert.¹² Benkler hat die autonome Entscheidung, die er auch in anderen kollektiven Produktionsprozessen beobachtet hat, als ‚Selbstzuordnung‘ von Wissenschaftlern zu Aufgaben bezeichnet und argumentiert, dass eine solche Selbstzuordnung bei kreativen Arbeitsprozessen funktional erforderlich ist, weil die Produzenten selbst über die weitaus besten Informationen darüber verfügen, welches Problem sie eigentlich lösen können.¹³ Nur am Rande sei vermerkt, dass soziale Ordnung – die Passfähigkeit der autonom erbrachten Beiträge – dadurch entsteht, dass sich alle Wissenschaftler bei ihrer Aufgabenfindung und –bearbeitung am gemeinsamen Wissensbestand der Fachgemeinschaft orientieren und sich somit indirekt aufeinander beziehen.¹⁴

Wenn es stets die Wissenschaftler sind, die über Forschungsaufgaben und Herangehensweisen zu ihrer Lösung entscheiden, dann konstituieren diese einen ‚obligatory point of passage‘ (Latour) für Einflüsse auf die Forschungsinhalte, und man kann Forschungsinhalte nur dadurch beeinflussen, dass man die Entscheidungen der Wissenschaftler Entscheidungen modifiziert. Wie kann das

- 11 Gläser, J., How does Governance change research content? On the possibility of a sociological middle-range theory linking science policy studies to the sociology of scientific knowledge. The Technical University Technology Studies Working Papers TUTS-WP-1-2012. Berlin 2012. <http://www.ts.tu-berlin.de/fileadmin/fg226/TUTS/TUTS-WP-1-2012.pdf>
- 12 Gläser, J., Wissenschaftliche Produktionsgemeinschaften. Die soziale Ordnung der Forschung. Frankfurt am Main: Campus 2006.
- 13 Benkler, Y., Coase's Penguin, or, Linux and *The Nature of the Firm*. – In: Yale Law Journal 112(2002), S. 369-446 (hier S. 376).
- 14 Gläser, J., Wissenschaftliche Produktionsgemeinschaften. Die soziale Ordnung der Forschung. Frankfurt am Main: Campus 2006.

durch Governance erreicht werden? Eine direkte Intervention, mit der man Wissenschaftlern zu bearbeitende Probleme oder zu verwendende Methoden vorschreibt, ist nur selten überhaupt möglich und noch seltener erfolgreich. Einen Wissenschaftler zur Bearbeitung eines bestimmten Problems zu zwingen oder ihm eine zu verwendende Methode vorzuschreiben setzt ja voraus, dass der Vorschreibende zumindest über das für die Problembearbeitung und Methodenwahl erforderliche Wissen verfügt. Deshalb findet man solche ‚Fremdzuordnungen‘ von Forschung und Person systematisch nur dort, wo Autoritätshierarchien zwischen Mitgliedern einer Fachgemeinschaft auf Organisationshierarchien abgebildet werden, d.h. zwischen Betreuern und Doktoranden oder zwischen Leitern und Mitarbeitern in Abteilungen der außeruniversitären und der Industrieforschung. Jenseits dessen dominiert eine die funktionalen Notwendigkeiten repräsentierende „Norm der Nichteinmischung“. Diese Norm wirkt auch in den Beziehungen zwischen Professoren und Habilitanden oder Laborleitern und Postdocs. Hier setzen die Forschungsinteressen der Professoren meist einen thematischen Rahmen, der das Spektrum bearbeitbarer Probleme für die von ihnen abhängigen Wissenschaftler einschränkt (siehe dazu Laudel in diesem Band). Das Oktroyieren von Forschungsproblemen kommt aber selten vor – und um so seltener, je weiter die abhängigen Wissenschaftler in ihrer eigenen Karriere vorangeschritten sind.¹⁵

Externe Akteure können also Forschungsinhalte nicht direkt gestalten, weil sie keine präzisen Erwartungen bezüglich der Forschungsinhalte formulieren können. Ihre Erwartungen an die Forschung können sich nur auf ‚äußere‘, sekundäre Merkmale der Forschung beziehen. Zu solchen äußeren Merkmalen gehören vor allem:

- die Qualität der Forschung im Urteil Dritter (Peer review) oder gemessen mit quantitativen Indikatoren, die ihrerseits sekundäre Merkmale verarbeiten (Zahl von Publikationen oder Zitierungen, Umfang eingeworbener Drittmittel usw.),
- das Forschungsgebiet im Urteil Dritter (Peer review) oder gemessen mit quantitativen Indikatoren,

15 Selbst in den für starke Hierarchien bekannten Akademieinstituten der Akademie der Wissenschaften der DDR fanden „Fremdzuordnungen“ selten statt. Wurden Wissenschaftlern Problembearbeitungen von außen (durch die Industrie oder den Partei- und Staatsapparat) aufgezwungen – was viel seltener geschah, als der naive Betrachter vermuten würde – handelte es sich meist nicht um Forschungsprobleme, sondern um Dienstleistungen. Siehe Gläser, J. / Meske, W., Anwendungsorientierung von Grundlagenforschung? Erfahrungen der Akademie der Wissenschaften der DDR. Frankfurt am Main: Campus 1996.

- die Anwendungsorientierung der Forschung im Urteil Dritter (Peer review oder Urteile von Anwendern) oder gemessen in quantitativen Indikatoren wie zum Beispiel Patenten, und
- verwendete Forschungsmethoden und –objekte sowie die Einhaltung der darauf bezogenen ethischen und rechtlichen Standards (meist ebenfalls auf dem Urteil Dritter beruhend).

Erwartungen dieser Art können durch externe Akteure formuliert, kommuniziert, und in ihrer Einhaltung beobachtet werden. Viele auf Forschungsinhalte bezogene Erwartungen lassen sich allerdings nur unter Mitwirkung von Wissenschaftlern formulieren und in ihrer Erfüllung beobachten (van den Daele et al. geplante Forschung). Wichtige Formen der Kommunikation von Erwartungen an die Wissenschaft sind ihre Institutionalisierungen in rechtlichen Regelungen oder Missionen von Forschungsorganisation, ihre direkte Adressierung an Forschungseinrichtungen oder Wissenschaftler und ihre Verwendung als Selektionskriterien in der Vergabe von Ressourcen sowie bei der Rekrutierung von Wissenschaftlern. Das bedeutet, dass der Governance trotz der Vielfalt ihrer Instrumente nur zwei Einflusskanäle zur Verfügung stehen. Externe Akteure müssen entweder die Wissenschaftler davon überzeugen, ihre Erwartungen zu erfüllen, oder die Bedingungen für die Forschung so modifizieren, dass die Wissenschaftler ihre Problem- und Methodenwahl entsprechend den externen Erwartungen gestalten. Ganz gleich, ob es sich um hierarchische Einflussnahme, die Quasimärkte der Forschungsförderung oder die Rekrutierung von Wissenschaftler für bestimmte Positionen handelt – der basale Operationsmodus der Governance der Forschung besteht darin, dass Akteure ihre Kontrolle von Bedingungen für die Fortsetzung von Forschung an die Erfüllung ihrer Erwartungen binden.

Damit haben die an der Governance beteiligten Akteure – Politiker, Manager in Universitäten, Unternehmen, Förderorganisationen und vermittelt über diese die Fachleuten, aber auch Nichtregierungsorganisationen und Mäzene - eine Einflussmöglichkeit, die zugleich unpräzise und stark ist. Die Gründe für die geringe Präzision habe ich bereits genannt: Die Erwartungen externer Akteure müssen auf äußere Merkmale der Forschung bezogen werden, die in einer mehrdeutigen, schwer durchschaubaren und veränderlichen Beziehung zu den Inhalten stehen. Die Stärke der Einflussmöglichkeiten liegt darin begründet, dass die kontinuierliche Durchführung von Forschung der stärkste Imperativ ist, dem Wissenschaftler unterliegen. Das muss gar nicht unbedingt mit intrinsischer Motivation zu tun haben, obwohl auch diese häufiger auftritt, als man glauben möchte. Der wichtigste Faktor ist hier die Identität der Wissenschaftler. Wer sich als Forscher versteht, muss forschen, und muss das eigentlich ununterbrochen tun, weil in den

meisten Fächern ein zeitweiliges Ausscheiden bedeutet, dass man den Anschluss verliert.

Das ist der eine Punkt, in dem Wissenschaftler keine Wahl haben. Wenn Naturwissenschaftler keine Mittel zur Verfügung haben, um ihre eigene Forschung fortsetzen zu können, müssen sie an den Projekten anderer mitarbeiten. Sie können nicht einfach eine Zeit lang gar nicht forschen – nicht nur, weil sich damit ihre Aussichten, jemals wieder Mittel für die Forschung zu erhalten, dramatisch verschlechtern, sondern eben auch, weil sie damit ihre Identität als Forscher gefährden würden.

Das Ausmaß, in dem externer Akteure über die Bedingungen für die Fortsetzung der Forschungen kontrollieren, hängt sehr stark von der Disziplin ab, in der Wissenschaftler arbeiten. Disziplinen, die weniger von experimentellen Ausrüstungen oder langen Beobachtungen in entlegenen Gebieten abhängen, können kaum über extern zur Verfügung gestellte Ressourcen kontrolliert werden. So lässt sich beobachten, dass Forschungen in der Mathematik, der theoretischen Physik und vielen Geisteswissenschaften durch die Vergabe von Ressourcen kaum beeinflusst werden können.¹⁶

Angesichts dieser Kombination aus der Unmöglichkeit direkter Interventionen, der geringen Präzision der indirekten Interventionen und der zwischen Disziplinen variierenden, aber für viele Fächer starken Kontrolle externer Akteure über die Fortsetzbarkeit von Forschung lässt sich die Entscheidungssituation von Forschern folgendermaßen beschreiben: Sie müssen Forschungsprobleme, -methoden und -objekte sowie Kooperationspartner so wählen, dass sie zugleich

- den durch den Wissensbestand ihrer Fachgemeinschaft gegebenen Möglichkeiten, neues anschließendes Wissen zu produzieren,
- den Präferenzen (Prioritäten und Standards) der Fachgemeinschaft und
- den Kriterien, unter denen Ressourcen, Reputation und Karrierepositionen vergeben werden (d.h. den institutionellen Selektionskriterien) genügen.

Vermittelt über diesen Balanceakt der Wissenschaftler, zu dem sie die institutionellen Selektionskriterien beiträgt, vermag Governance die Forschungsinhalte zu beeinflussen.

Nun wird auch deutlich, wie die institutionelle Diversität eines Wissenschaftssystems die epistemische Diversität der Forschung zu beeinflussen vermag.

16 Gläser, J. / Lange, S. / Laudel, G. / Schimank, U., The Limits of Universality: How field-specific epistemic conditions affect authority relations and their consequences. – In: Reconfiguring Knowledge Production: Changing authority relationships in the sciences and their consequences for intellectual innovation. Hrsg. v. Whitley, R. / Gläser J. / Engwall, L. Oxford: Oxford University Press 2010, S. 291-324.

Wenn alle externen Akteure, die eine partielle Kontrolle über die Bedingungen der Forschung ausüben, dieselben Erwartungen haben, dann müssen Wissenschaftler in ihren Entscheidungen über Forschungsinhalte stets dasselbe Set von institutionellen Selektionskriterien berücksichtigen, was zu einer Gleichsinnigkeit in der Anpassung an diese Kriterien führt. Das möchte ich jetzt an einem Beispiel illustrieren.

4. *Institutionelle und epistemische Diversität - ein Beispiel*

Die empirischen Hinweise auf Einwirkungen der institutionellen auf die epistemische Diversität entstammen einer empirischen Untersuchung zur Wirkung der evaluationsbasierten Forschungsfinanzierung auf die Inhalte der universitären Forschung in Australien.¹⁷ Zum Zeitpunkt der Untersuchung war in Australien schon seit längerer Zeit ein Finanzierungsmodell in Kraft, dem zufolge die staatliche Grundfinanzierung der Forschung kompetitiv auf der Basis von Leistungsindikatoren vergeben wurde. Eine fixe Gesamtsumme wurde unter den Universitäten entsprechend ihrer Leistung in den Indikatoren aufgeteilt. Tabelle 1 zeigt das relative Gewicht der verschiedenen Leistungsindikatoren in dieser Verteilung. Da die staatliche Grundfinanzierung in Australien zu dieser Zeit überhaupt nur 41 Prozent der Einnahmen der Universitäten ausmachte und ein beträchtlicher Teil der Grundfinanzierung für die Lehre vergeben wurde, betrug der Anteil der nach den oben genannten Kriterien vergebenen Mittel an den Einnahmen der Universitäten nur durchschnittlich nur 8 Prozent und variierte zwischen 0 und 15 Prozent. Die Bedeutung der Einnahmen für die Universitäten war aus drei Gründen größer, als die Zahlen vermuten lassen. Erstens konnten die Universitäten ihre Einkünfte aus der Lehre nicht über die Kappungsgrenzen hinaus steigern, die für vom Staat gestützte Studienplätze und für internationale Studenten (die die vollen Studiengebühren zahlen) existierten. Demgegenüber erscheinen die Einnahmen aus der formelbasierten Grundfinanzierung der Forschung leichter beein-

17 Gläser, J. / Laudel, G., Evaluation without Evaluators: The impact of funding formulae on Australian University Research. - In: *The Changing Governance of the Sciences: The Advent of Research Evaluation Systems*. Hrsg. v. Whitley, R. / Gläser, J. Dordrecht: Springer 2007, S. 127-151; Gläser, J. / Lange, S. / Laudel, G. / Schimank, U., Evaluationsbasierte Forschungsfinanzierung und ihre Folgen. - In: *Wissensproduktion und Wissenstransfer*. Hrsg. v. Neidhardt, F. / Mayntz, R. / Weingart, P. / Wengenroth, U. Bielefeld: Transcript 2008, S. 145-170. Gläser, J. / Lange, S. / Laudel, G. / Schimank, U., The Limits of Universality: How field-specific epistemic conditions affect authority relations and their consequences. - In: *Reconfiguring Knowledge Production: Changing authority relationships in the sciences and their consequences for intellectual innovation*. Hrsg. v. Whitley, R. / Gläser J. / Engwall, L. Oxford: Oxford University Press 2010, S. 291-324.

flussbar, da jede zusätzliche Leistung in den Indikatoren die Einnahmen der Universität direkt beeinflusste. Zweitens hängt die Reputation einer australischen Universität – die die Entscheidungen der Studenten und Bewerbungen von Wissenschaftlern beeinflusst – stärker von ihren Forschungs- als von ihren Lehrleistungen ab, weshalb die Universitäten mit ihren Einnahmen aus der evaluationsbasierten Forschungsfinanzierung als Ausweis ihrer Forschungsleistungen werben.¹⁸ Drittens schließlich konnte in der kompetitiven Konstellation jedes Nachlassens der Anstrengungen drastische Einbußen zur Folge haben. Da alle australischen Universitäten darauf aus waren, die Einnahmen aus der Formel zu maximieren, brachten zusätzliche Anstrengungen einer Universität ihr nur einen geringen Zugewinn gegenüber der vorangegangenen Periode. Ein Nachlassen in den Anstrengungen konnte jedoch die Einnahmen deutlich zurückgehen lassen.

Tabelle 1: Verwendung von Leistungsindikatoren in der Grundfinanzierung der Forschung an australischen Universitäten im Jahre 2005 (Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage von Department of Education, Science and Training (DEST) Higher Education Report 2005, Canberra 2007, S. 46 ff.)

<i>Indikator</i>	<i>Gewicht des Indikators</i>	<i>Beeinflusste Summe (in Mio. Euro)</i>
Kompetitiv eingeworbene Drittmittel	54,8 %	317,2
Abschlüsse Forschungsstudierende (Master und PhD)	29,1%	158,5
Anzahl der Publikationen	8,4%	48,6
Anzahl Forschungsstudierende (Master und PhD)	7,7%	44,6
Summe	100,0%	578,9

Es gab also einen starken Anreiz für die australischen Universitäten, ihre Einnahmen aus der Formel zu steigern. Im Anpassungsverhalten der Universitäten ließen sich drei Mechanismen identifizieren.

18 Vgl. Marginson, S., Dynamics of National and Global Competition in Higher Education. - In: Higher Education. 52(2006), S. 1-39.

1. Die interne Anwendung der externen Finanzierungsformel.

Alle australischen Universitäten benutzen die auf sie angewendeten Indikatoren auch intern, um die Grundfinanzierung der Forschung zu verteilen. Als Begründung dafür wurde in unseren Interviews übereinstimmend die Maximierung der Einnahmen angegeben: Wenn dieselben Indikatoren angewendet werden, so das Argument, würden auch dieselben Anreize gesetzt.

2. Die Übernahme der Kriterien für die Beförderung von Wissenschaftlern.

Die Indikatoren der externen Finanzierung wurden intern auch in Entscheidungen über die Beförderung von Wissenschaftlern angewendet. Das australische Karrieresystem ist durch eine frühzeitige Einstellung von Wissenschaftlern auf unbefristete Positionen – zumeist die eines Lecturers – und anschließende Beförderungen charakterisiert.¹⁹ In den Entscheidungen über Beförderungen (zum Senior Lecturer, Associate Professor oder Full Professor) wurden die genannten Indikatoren mit herangezogen. Die Logik war dieselbe wie bereits oben beschrieben: Es sollten dieselben Anreize gesetzt werden, um die Leistung in diesen Indikatoren zu maximieren.

3. Die Etablierung von „Profit Centres“.

Ein zweiter ubiquitärer Anpassungsmechanismus der australischen Universitäten ist die Schaffung von *Profit Centres*, d.h. von Einheiten, die vermutlich die Einnahmen der Universitäten aus der indikatorbasierten Finanzierung erhöhen werden. Der besonderen Belohnung der Drittmittelinwerbung durch die Finanzierungsformel Rechnung tragend, schaffen die Universitäten Forschungszentren, die besonders gute Aussichten auf Drittmittelinwerbung bieten. Auch unterstützen sie einzelne Wissenschaftler, um deren Erfolgsaussichten bei der Einwerbung von Drittmitteln zu verbessern. In diese Aktivitäten zur Unterstützung der Einwerbung von Drittmitteln fließen die meisten den Universitäten überhaupt zur Verfügung stehenden Mittel aus der Grundausrüstung der Forschung. Nur in wenigen Fällen wurde ein Teil der Grundausrüstung als interne Alternative zur Drittmittelfinanzierung gehandhabt.

Die Wissenschaftler in den australischen Universitäten sahen sich also in ihren forschungsbezogenen Interaktionen mit ihren Universitäten einem einheitlichen Set von Selektionskriterien gegenüber. Ihre Ressourcensituation war durch ein nahezu völliges Fehlen einer Grundausrüstung geprägt. Die über die internen Fi-

19 Siehe dazu Laudel, G., Wie beeinflussen nationale Karriere-Institutionen innovative Forschung. - In diesem Jahrbuch.

finanzierungsformeln an die Fakultäten verteilten Mittel für die Forschung reichen nicht aus, um jedem Wissenschaftler Mittel für die Forschung zuzuweisen. Die typische Form der „Grundfinanzierung“ war die Vergabe von kompetitiven internen und externen Projekt- oder Investitionsmitteln, für die entweder Projekte oder Ausrüstungen spezifiziert werden müssen. Diese Mittel reichten nicht für die Durchführung von Forschungsprojekten, sondern sollten die Einwerbung von Drittmitteln durch die Finanzierung von Vorarbeiten oder Laborausstattungen unterstützen.

Die Wissenschaftler ließen sich bezogen auf diese Bedingungen in zwei Gruppen unterteilen. Es gab Wissenschaftler, die ohne bzw. mit der verfügbaren Grundausrüstung forschen konnten, und solche, für die dies unmöglich war. Die Trennungslinie verlief überwiegend entlang disziplinärer Grenzen, war aber nicht mit diesen identisch. Die meisten Mathematiker (ausgenommen solche, die angewandte Mathematik mit großen Datenmengen betreiben), die theoretischen Physiker, einige Historiker (solche, die mit lokalen Archiven arbeiten) und einige Politikwissenschaftler (solche, die mit Sekundärdaten oder philosophisch/theoretisch arbeiten) konnten ihre Forschungen grundsätzlich ohne Grundausrüstung realisieren. Innerhalb dieser Gruppe gab es Wissenschaftler, deren Forschungsprogramme so breit waren, dass sie auf Drittmittel zurückgriffen, um zusätzliches Personal zu beschäftigen oder sich aus der Lehre ‚freizukaufen‘ (die *grants* der australischen Forschungsräte bieten diese Möglichkeit). Alle diese Wissenschaftler sahen sich jedoch mit der Erwartung der Universität konfrontiert, Drittmittel einzuwerben – unabhängig davon, ob sie Drittmittel für ihre Forschungen benötigen oder nicht, wie das folgende Zitat ausweist.

„Let me explain: for a lot of people within the school, particularly the pure mathematicians, they will say to me that I don't need a grant, I don't want a grant, I have no use for this, I'm not going to spend six or eight weeks writing a grant proposal for something I don't need. If I go and say that to people in the faculty I get my head chopped off. They'd yell at me. They don't want to hear that. Basically I made that point three or four times in various fora in the university and I have now said to the department that is the last time I'm going to put my head up and say that because I'm not willing to get beaten around the head to do anymore on this. It's a lost cause. The university will not accept that argument. So despite the fact that we have academics who are publishing perfectly well and doing good work and don't need grant money, they are being told that they better bloody well go out and get it. So it's the cart before the horse thing. It's not you need money in order to do research; you need to do research in order to get money.“ Head of School of Mathematics

Eine zweite Gruppe umfasst all die Wissenschaftler, die empirisch arbeiten und in ihrer Forschung auf aufwändige Datenerhebungen oder Ausstattungen für

Experimente angewiesen waren. Diese Wissenschaftler brauchten eine über die Grundausrüstung hinausgehende Finanzierung ihrer Forschungen und mussten deshalb Drittmittel einwerben. Sie sahen sich damit einem zweiten Set von institutionellen Selektionskriterien gegenüber, nämlich dem der Drittmittellandschaft.

Das Entscheidungsverhalten der australischen Wissenschaftler wurde vor allem dadurch beeinflusst, dass ihre Drittmittellandschaft *oligopolistisch*, *karg* und *biased* ist. Australische Wissenschaftler sind auf eine einzige bedeutende Drittmittelquelle angewiesen, den *Australian Research Council* (ARC) bzw. – für medizinische Forschung – den *National Health and Medical Research Council* (NHMRC). Andere Quellen wie die Industrie oder Förderprogramme der Regierung spielen praktisch keine Rolle. Die Forschungsräte unterstehen dem Wissenschafts- bzw. dem Gesundheitsministerium. Die Ministerien entscheiden letztlich alle Förderungen und haben die Möglichkeit, ihnen nicht genehme Projekte aus den von den Forschungsräten vorgelegten Bewilligungslisten zu streichen. Schwerer als diese politische Einflussnahme wiegt aber der den Förderprogrammen eingeschriebene Anwendungs-Bias.²⁰ Alle Projektanträge müssen ihren ‚nationalen Nutzen‘ ausweisen, der mit einem Gewicht von 10 Prozent in die Bewertung des Antrages einbezogen wird. Hinzu kommt, dass die vom ARC geförderten kooperativen Projekte mit Anwendern eine deutlich höhere Bewilligungsrate haben als die dem Normalverfahren der DFG vergleichbaren Einzelprojekte (ca. 50 Prozent gegenüber 20-30 Prozent).²¹ Unsere Interviewpartner identifizierten auch einen *Mainstream-Bias*: die Förderentscheidungen folgen internationalen Trends und Projektanträge zu ‚Mode‘-Themen haben bessere Annahmehancen.

Diese Eigenschaften der Drittmittellandschaft beeinflussten die Selbstselektion der Wissenschaftler, d.h. ihre Auswahl von Forschungsproblemen für Projektanträge, und die Selektion durch die Forschungsförderer. Ihre Situation lässt sich zusammenfassend wie folgt beschreiben: Die Wissenschaftler wollen und sollen Forschung betreiben (ihre Identität und die Leistungserwartungen der Universität weisen in dieselbe Richtung). Die institutionellen Selektionskriterien an den Universitäten und die Knappheit an Forschungsmitteln verweisen Wissenschaftler mit ressourcenintensiven Forschungsprozessen an die Drittmittellandschaft, deren Selektionskriterien die Wissenschaftler auf anwendungsbezogene und *Mainstream-Forschung* orientieren.

20 Vgl. auch Meek V. L., *Government and Management of Australian Higher Education: Enemies Within and Without*. - In: *The Higher Education Managerial Revolution?* Hrsg. v. Amaral, A. / Meek V. L. / Larsen I. M.. Dordrecht: Springer 2003, S. 179-201 (hier S. 195).

21 Australian Research Council (ARC), *Australian Research Council Annual Report 2005-2006*, Canberra 2006, S. 28 & 34.

Unsere Auswertungen zeigen, dass vier Gruppen von Wissenschaftlern gegen diese Impulse immun sind. Eine sehr kleine Elite erhält aufgrund ihrer Exzellenz alle benötigten Drittmittel und kann ihre Themen unbeeinflusst wählen. Eine zweite Gruppe benötigt zum Forschen nicht mehr als eine grundfinanzierte Dauerstelle, produziert genügend Ergebnisse, um nicht unter starken Druck zu geraten, und hat ansonsten keine Erwartungen an die Universität. Eine dritte, zeitweilig immune Gruppe wird durch die Wissenschaftler gebildet, deren Interessen mit den aktuellen Orientierungen der Forschungslandschaft übereinstimmen. Und natürlich sind auch all die Wissenschaftler immun gegen die Impulse der Drittmittellandschaft, die – aus welchen Gründen auch immer – keine Forschung betreiben.

Die nicht diesen Gruppen zugehörigen australischen Wissenschaftler passen sich an diese Situation durch ein *Management von Forschungslinien* und durch ein *Management von Indikatoren* an.²² Wissenschaftler, die mehrere Forschungslinien parallel bearbeiten, wählen die ihrer Situation angemessenen Forschungslinien zur Bearbeitung aus. Auf Drittmittel angewiesene Wissenschaftler beenden nicht „drittmittelfähige“ Forschungslinien und beginnen oder erweitern 'drittmittelfähige' Forschungslinien. Diese Strategien wurden auch im Management einzelner Forschungslinien angewendet, indem „drittmittelfähige“ Aspekte von Projekten zu Lasten anderer erweitert wurden.

Diese Entscheidungen der Wissenschaftler führten zur Verengung von Forschungs-Portfolios und Forschungslinien. Wissenschaftler, die nicht der kleinen sehr gut ausgestatteten Elite angehörten, bearbeiteten weniger Themen und einander ähnlichere Themen. Wir haben einen Rückgang der Diversität auf der Mikroebene beobachtet und vermuten, dass mit der Verringerung der Diversität auf der Mikroebene auch eine Reduzierung der Diversität der Forschung auf der Ebene der nationalen Fachgebiete einhergeht. Die ubiquitären Trends zum Mainstream und zur anwendungsorientierten Forschung lassen eine Angleichung der Themen und Methoden eines Wissenschaftsgebietes unausweichlich erscheinen. Allerdings ist es bislang nicht möglich, solche Veränderungen empirisch nachzuweisen, weil es keine geeigneten Methoden zur Messung der Diversität der Forschung gibt.

22 Unter einer Forschungslinie wird hier im Anschluss an Chubin und Connolly eine Sequenz thematisch aneinander anschließender Problembearbeitungsprozesse verstanden. Das schließt auch Ideen für Forschungsprojekte und Forschungslinien ein, die noch nicht begonnen wurden (potentielle Forschungslinien). Vgl. Chubin, D. E. / Connolly, T., *Research Trails and Science Policy*. - In: *Scientific Establishments and Hierarchies*. Hrsg. v. Elias, N. / Martins, H. / Whitley, R.. Dordrecht: Reidel 1982. S. 293 - 311.

5. *Umriss eines Forschungsprogramms*

Die bisher skizzierten theoretischen Überlegungen und empirischen Befunde gestatten keine sicheren Aussagen über den Zusammenhang von institutioneller und epistemischer Diversität der Forschung oder über die Rolle der epistemischen Diversität als Innovationsbedingung in der Forschung. Es gibt deutliche Anzeichen dafür, dass eine geringe institutionelle Diversität die Diversität von individuellen Forschungsportfolios verringert. Ob aber die Aggregation dieser Mikroeffekte die Diversität von Fachgebieten vermindert, und welche Folgen das für die Dynamik der kollektiven und individuellen Wissensproduktion hat, ist nicht bekannt.

Aus den vorgestellten Überlegungen und Befunden ergeben sich jedoch die Umriss eines Forschungsprogramms, mit dem die wissenschaftssoziologischen und wissenschaftspolitischen Fragen im Wechselspiel theoretischer, methodologischer und empirischer Forschung bearbeitet werden können. Eine Theorie der epistemischen Diversität der Forschung müsste vor allem die Frage beantworten, welche Rolle Diversität für die Wissensproduktion spielt, d.h. wie ein bestimmtes Maß oder eine bestimmte Art von Diversität unter jeweils spezifischen Bedingungen den Erkenntnisfortschritt beeinflusst. Die in 2. vorgestellten Überlegungen zur Rolle der Diversität bieten dafür einen ersten Ansatzpunkt, zumal sie es gestatten, bisherige Forschungen zur Interdisziplinarität einzubeziehen.

Das in 2. beschriebene ‚Schwärmen‘ der Wissenschaftler um ein Forschungsproblem erhöht zwar die Diversität der Perspektiven auf dieses Problem, verringert aber andererseits die Diversität der Forschung des Fachgebietes, weil sich die Wissenschaftler auf ein Problem konzentrieren, anstatt alle verschiedenartige Probleme zu bearbeiten. Wir haben es hier also mit einem Widerspruch zwischen einer die rasche Problemlösung begünstigenden, auf einer ‚kritischen Masse‘ an kompetenter Aufmerksamkeit lokalen Diversität zu tun, die andererseits durch die Konzentration der Aufmerksamkeit die Diversität des Fachgebietes verringert. Dieser Widerspruch weist darauf hin, dass eine theoretische Analyse der Diversität mit einem Mehrebenenproblem konfrontiert ist.

Die diesem Vorgang unterliegende Dialektik von Diversität und Konzentration ist nur eines der Probleme, die eine Theorie der epistemischen Diversität der Forschung zu bearbeiten hätte. Ich wollte andeuten, dass mehr Diversität keineswegs immer besser sein muss, weil die Konzentration von Anstrengungen ebenso zum rascheren Erkenntnisfortschritt beitragen kann wie die Vielfalt von bearbeiteten Problemen. Um die Rolle der epistemischen Diversität theoretisch zu bearbeiten, müssten Typen von (institutioneller und epistemischer) Diversität, Arten

von Fachgebieten und Typen von Entwicklungsproblemen der Fachgebiete systematisch zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Als spekulatives Unternehmen hat solche Theoriearbeit aber wenig Sinn. Die genannten Aspekte müssen einer empirischen Untersuchung zugänglich gemacht werden. Es ginge darum, institutionelle und epistemische Diversität in verschiedenen Fachgebieten und institutionellen Kontexten zu erheben und in vergleichenden Studien zu Schlüsselereignissen in der Entwicklung der Fachgebiete wie zum Beispiel wissenschaftlichen Innovationen in Beziehung zu setzen.

Damit sind wir bei den methodischen Problemen, von deren Lösung jeder weitere Fortschritt abhängig ist. Die Diversität eines Fachgebietes empirisch zu bestimmen setzt voraus, das Fachgebiet abzugrenzen, thematische Substrukturen (Themen) innerhalb des Fachgebietes zu identifizieren und die Verteilung von Publikationen auf diese Themen zu ermitteln. Trotz langjähriger intensiver Bemühungen der Bibliometrie existiert bislang für keine dieser Aufgaben eine befriedigende Methode.

Wir wissen aber bereits, dass selbst im Falle einer erfolgreichen Lösung der genannten Probleme die Berechnung der Diversität keinesfalls einfach wird. Die Biodiversitätsforschung, die bislang die Methoden zur Berechnung von Diversität vorangetrieben hat, operiert mit zwei Bedingungen, die auf die Diversität der Forschung nicht übertragbar sind. Erstens sind die Arten in einem Biotop disjunkt, was das Zählen von Kategorien und die Berechnung der Verteilung von Organismen über diese Kategorien einfach macht. Das gilt für Themen in der Wissenschaft nicht: Themen überlagern einander unmittelbar – eine Aussage in einer Publikation kann mehrere Themen betreffen – und in Publikationen. Zweitens verfügt die Biodiversitätsforschung mit dem genetischen Material über eine Grundlage für die Berechnung der Ähnlichkeit der Kategorien, die auf alle Arten (und auf Individuen einer Art) anwendbar ist. In der Wissenschaft gibt es dagegen Themen, die keine bibliographischen Eigenschaften (Terme, Referenzen, Zeitschriften usw.) gemeinsam haben, was die Berechnung der Ähnlichkeit von manchen Kategorien (und damit die Anwendung der Disparitäts-Dimension der Diversität) bislang unmöglich macht. Die einzig bislang sichtbare Lösung besteht darin, für die Bestimmung der Ähnlichkeit von Kategorien immer auf die Makroebene aller im Web of Science indizierter Publikationen zu wechseln, da auf dieser Ebene die meisten Publikationen miteinander bibliographisch gekoppelt sind.

Angesichts dieser Schwierigkeiten wird ein Forschungsprogramm zur institutionellen und epistemischen Diversität der Forschung wohl nur langsam vorankommen. Es bleibt zu hoffen, dass die skizzierten Probleme genügend kompetente Aufmerksamkeit attrahieren, die unser Verständnis des Zusammenhangs

von institutioneller und epistemischer Diversität vertieft, bevor die dem „New Public Management“ inwohnenden Homogenisierungstendenzen die Diversität des Wissenschaftssystems dauerhaft verändert haben, ohne dass wir diese Veränderungen verstehen.

Wie beeinflussen nationale Karriere-Institutionen innovative Forschung

Die Entstehung intellektueller Innovationen in der Wissenschaft hängt unter anderem davon ab, ob Wissenschaftler neue Forschungslinien beginnen können. Nationale Karrieresysteme sind eine wichtige Bedingung für solche Neuanfänge, da sie die Abfolge von Positionen und die an diese Positionen gebundenen Forschungsmöglichkeiten regeln. In diesem Aufsatz untersuche ich die Bedingungen für den Start neuer Forschungslinien in der frühen Karrierephase, in der die Transformation von abhängiger Forschung zu unabhängiger Forschung stattfindet. Ein Vergleich der Anfangsphase der Karrieren von Molekularbiologen und Historikern in Deutschland, Australien und den Niederlanden zeigt, dass die Bedingungen für Themenwechsel in allen drei Karrieresystemen trotz ihrer grundsätzlich verschiedenen Strukturen eher ungünstig sind. Der für den Beginn einer Forschungslinie erforderliche „geschützte Raum“ wird in allen drei Karrieresystemen durch je spezifische Bedingungen stark beschränkt. Es lassen sich verschiedene Entscheidungsmechanismen der Wissenschaftler beobachten, deren Auftreten und Stärke zwischen den drei Karrieresystemen variiert.

1. *Einleitung*

Eine intellektuelle Innovation ist etwas, worauf vorher noch niemand gekommen ist. Intellektuelle Innovationen in der Wissenschaft sind Forschungsergebnisse, die die Forschungspraktiken einer ganzen scientific community verändern.¹ Solche Forschungsergebnisse entstehen durch überraschende Entdeckungen oder durch planvolle Arbeit, die weitreichende, aber von vielen für unmöglich oder unergiebig gehaltene Forschungen in Angriff nimmt. Ob Wissenschaftler in diesem Sinne innovativ sind, hängt nicht nur von ihren Fähigkeiten ab, sondern auch von den durch ihre Arbeitsbedingungen gegebenen Möglichkeiten, neue Forschungslinien zu beginnen. Eine neue Forschungslinie beginnen heißt, seine

1 Laudel, G. / Gläser, J., Beyond "breakthrough research"- epistemic properties of research and their consequences for research funding. Konferenzbeitrag auf der Konferenz „Intellectual and Institutional Innovation in Science“, Berlin, 13.-15 September 2012.

Forschungspraktiken relativ dauerhaft zu verändern, indem zum Beispiel neue Forschungsobjekte, neue Herangehensweisen oder neue Problemklassen erschlossen werden. Greifen die Fachkollegen die neue Forschungslinie auf, dann kann dies ein ganzes Forschungsgebiet in eine neue Richtung bewegen. Wenn wir also verstehen, unter welchen Bedingungen ein Wissenschaftler überhaupt in der Lage ist, etwas Neues zu beginnen, dann können wir etwas über notwendige Bedingungen zur Schaffung von Innovationen lernen.

Akademische Karrieren schaffen wichtige Bedingungen für den Beginn neuer Forschungslinien. Karrieremuster und individuelle Karrieren fungieren als Kanäle, durch die Autorität über Forschungsinhalte ausgeübt wird. Das geschieht erstens, indem Stellen geschaffen und Wissenschaftler für diese Stellen ausgewählt werden. Damit entscheiden die Beteiligten, welche Wissenschaftler mit welchen Interessen und Fähigkeiten überhaupt die Möglichkeit erhält, zu forschen. Die so eingerichteten und besetzten Stellen definieren wichtige Bedingungen für Forschung wie zum Beispiel Zeithorizonte (durch Laufzeiten für Arbeitsverträge), die Autonomie des Stelleninhabers bezüglich seiner Forschungsinhalte und die Verfügung über Ressourcen.² Zweitens hängt es also von den besetzten Stellen ab, wie durch andere Akteure Autorität bezüglich der Forschungsinhalte des Stelleninhabers ausgeübt werden kann.

Trotz der Tendenzen einer Internationalisierung von Karrieremustern³ sind Karrieresysteme immer noch in hohem Maße national spezifisch und in ihrer Entwicklung pfadabhängig, d.h. von den früheren Stadien der Entwicklung geprägt.⁴ Deshalb unterscheiden sich die durch die jeweiligen nationalen Karrieresysteme gebotenen Möglichkeiten für Innovationen in der Wissenschaft. Das Ziel dieses Artikels ist es zu zeigen, wie, d.h. auf welche Weise und mit welchen Effekten, nationale Karrieresysteme die Möglichkeiten für Wissenschaftler, neue Forschungslinien zu beginnen, formen. Die Suche nach Kausalmechanismen konzentriert sich auf die frühen Phasen der akademischen Karriere, die die Transformation von abhängiger Forschung zu unabhängiger Forschung und damit eine für Themenwechsel wichtige Phase enthält.

- 2 Laudel, G. / Gläser, J., From apprentice to colleague: the metamorphosis of Early Career Researchers. - In: Higher Education. 55(2008), S. 387-406.
- 3 Crawford, E. / Shinn, T. / Sörlin, S., The Nationalization and Denationalization of the Sciences: An Introductory Essay. - In: Denationalizing Science. Hrsg. v. E. Crawford, T. Shinn/ and S. Sörlin. Dordrecht: Kluwer 1993, S. 1 - 42; Ackers, L. / Gill, B., Moving People and Knowledge: Scientific Mobility in an Enlarging European Union. Cheltenham: Edward Elgar 2009.
- 4 Musselin, C., Towards a European academic labour market? Some lessons drawn from empirical studies on academic mobility. - In: Higher Education. 48(2004), S. 55-78.

2. *Stand der Forschung*

Für die Analyse von Wissenschaftlerkarrieren kommen zunächst die in die Organisationsforschung eingebetteten Karrieretheorien in Betracht. Diese Theorien könnten konzeptionelle Werkzeuge für den Vergleich von nationalen Karriersystemen bereitstellen. Die Karrieretheorien haben die Besonderheiten akademischer Karrieren seit langem vermerkt: Eigenschaften wie akademische Freiheit, Tenure⁵, das Fehlen interner Arbeitsmärkte in Universitäten⁶ oder der begrenzte Einfluss von (Makro-)Arbeitsmarktstrukturen auf die Mikrostrukturen von Karrieren⁷ zeigen, dass das Standardmodell der Organisationssoziologie nicht auf akademische Karrieren passt. Um die Besonderheiten akademischer Karrieren einzufangen wurden Konzepte wie „grenzenlose Karrieren“ oder „intelligente Karrieren“⁸ eingeführt. Eine grenzenlose Karriere wird definiert als „...a sequence of job opportunities that go beyond the boundaries of a single employment setting“⁹ Solche Konzepte passen anscheinend viel besser auf akademische Karrieren¹⁰. Allerdings beschreiben sie nur die genannten Besonderheiten und erklären nicht, warum akademische Karrieren so besonders sind oder warum Karrieren in anderen Bereichen inzwischen ähnliche Formen annehmen. Darüber hinaus sind diese und ähnliche Konzepte für das Fehlen theoretische Stringenz und

- 5 Fleet, S. G., Academic Freedom and Permanent Tenure in Academic Appointments. - In: *Minerva*. 23(1985), S. 96 - 150; Carmichael, L. H., Incentives in Academics: Why is There Tenure? - In: *Journal of Political Economy*. 96(1988), S. 453 - 472; Siow, A., Tenure and Other Unusual Practices in Academia. - In: *The Journal of Law, Economics & Organization*. 14(1998), S. 152 - 173.
- 6 McPherson, M. / Gordon, W., The Economics of Academic Tenure: A Relational Perspective. - In: *Academic Labor Markets and Careers*. Hrsg. v. D. Breneman and T. I. K. Youn. New York: Falmer Press 1988, S. 176 - 197; Sørensen, A. B., Wissenschaftliche Werdegänge und akademische Arbeitsmärkte. - In: *Generationsdynamik in der Forschung*. Hrsg. v. K.-U. Mayer. Frankfurt a. M.: Campus 1992, S. 83 - 121.
- 7 Casper, S. / Murray, F., Careers and clusters: analyzing the career network dynamic of biotechnology clusters. - In: *Journal of Engineering and Technology Management*. 22(2005), S. 51 - 74.
- 8 Arthur, M. B. / Rousseau, D. M., Introduction: The Boundaryless Career as a new Employment Principle. - In: *The Boundaryless Career: A new Employment Principle for New Organizational Era*. Hrsg. v. New York: Oxford University Press 1996, S. 3 - 17; Arthur, M. B. / Claman, P. H. / DeFillippi, R. J., Intelligent enterprise, intelligent careers. - In: *Academy of Management Executive*. 9(1995), S. 7 - 22.
- 9 DeFillippi, R. J. / Arthur, M. B., Boundaryless contexts and careers: A competency-based perspective. - In: *The boundaryless career*. Hrsg. v. M. B. Arthur and D. M. Rousseau. Oxford: Oxford University Press 1996, S. 116 - 131 (S.116).
- 10 Baruch, Y., Transforming careers: from linear to multidirectional career paths: Organizational and individual perspectives. - In: *Career Development International*. 9(2004), S. 58 - 73.

für die Überbetonung der Handlungsmöglichkeiten des Individuums kritisiert worden.¹¹

Was wissen wir über die Wirkungen von akademischen Karrieren auf Forschungsinhalte? Diese Frage ist geradezu ein blinder Fleck der Forschung zu Wissenschaftlerkarrieren. Wenn wir die vielen rein beschreibenden Studien akademischer Karrieren außer Betracht lassen, dann werden als Effekte von Karrieren nur die Benachteiligung von Frauen, die Zufriedenheit der Wissenschaftler mit ihrer Karriere oder generell der (meist über das Einkommen definierte) Karriereerfolg untersucht.¹² Wenn Forschung als eine auf den Karrierepositionen ausgeübte Tätigkeit überhaupt als abhängige Variable berücksichtigt wird, dann häufig nur in einer sehr groben Weise als Forschungsleistung. In solchen Studien werden ausgewählte Aspekte einer Karriere (wie Mobilität oder die Teilnahme an spezifischen Nachwuchsförderprogrammen) zur wissenschaftlichen Produktion in Beziehung gesetzt, die in Form von Publikationen, Zitierungen oder Koautorenschaften gemessen wird.¹³ Die Einschränkung auf ein oder wenige Aspekte von Karrieren ist der Tatsache geschuldet, dass es sich häufig um von der Forschungspolitik in Auftrag gegebene Studien handelt. Infolgedessen bleibt aber die Rolle dieser isolierten Aspekte innerhalb der Karriere unklar, und der longitudinale Charakter von Karrieren wird vernachlässigt.

Wenig besser sieht es auf der Seite der unabhängigen Variablen, d.h. der die Karrieren beeinflussenden Institutionen, aus. Wenn institutionelle Variablen zur

- 11 Ein kürzlich erschienener Review-Artikel fasst diese Kritik zusammen: Inkson, K. / Gunz, H. / Ganesh, S. / Roper, J., *Boundaryless careers: Bringing back boundaries*. - In: *Organization Studies*. 33(2012), S. 323 - 340.
- 12 Siehe die Review von Hermanowicz, J. C., *The Sociology of Academic Careers: Problems and Prospects*. - In: *Higher Education: Handbook of Theory and Research*. Ed. by J. C. Smart and M. B. Paulsen. Dordrecht: Springer 2012, S. 207 - 248 und die Reviews zu Gender und Karrieren von Fox, M. F., *Women and Scientific Careers*. - In: *Handbook of Science and Technology Studies*. Ed. by S. Jasanoff / G. E. Markle / J. C. Petersen and T. J. Pinch. London: SAGE 1995, S. 205 - 223 und Prpi, K., *Gender and productivity differentials in science*. - In: *Scientometrics*. 55(2002), S. 27 - 58.
- 13 Beispiele sind die Studien von Long, J. S. / McGinnis, R., *The Effects of the Mentor on the Academic Career*. - In: *Scientometrics*. 7(1985), S. 3 - 6; Melin, G. / Danell, R., *Research grants. The top eight percent: development of approved and rejected applicants for a prestigious grant in Sweden*. - In: *Science and Public Policy*. 33(2006), S. 702-712; Hornbostel, S. / Böhmer, S. / Klingsporn, B. / Neufeld, J. / von Ins, M., *Funding of young scientist and scientific excellence*. - In: *Scientometrics*. 79(2009), S. 171 - 190; Zubietta, A. F., *Recognition and weak ties: is there a positive effect of postdoctoral position on academic performance and career development?* - In: *Research Evaluation*. 18(2009), S. 105 - 115; Jacob, B. / Lefgren, L., *The impact of NIH postdoctoral training grants on scientific productivity*. - In: *Research Policy*. 40(2011), S.864 - 874..

Beschreibung von Karrieresystemen einbezogen werden, dann werden diese auf wenige Faktoren reduziert, wie das zum Beispiel in Studien zum Zusammenhang zwischen dem Prestige von Forschungsorganisationen, in denen Wissenschaftler arbeiten, und deren Karriereerfolg geschieht.¹⁴

Die Schwierigkeit, institutionelle Einflüsse auf Karrieren zu erfassen, mag auch ein Grund dafür sein, warum es kaum vergleichende Untersuchungen von verschiedenen nationalen Karrieresystemen und deren Effekten gibt. Gaughan und Robin haben anhand von Befragungen und wissenschaftlichen Lebensläufen den als Erreichen einer permanenten Stelle definierten Karriereerfolg in Frankreich und den USA vergleichend untersucht. Ihre wichtigsten institutionellen Variablen sind das Prestige der Forschungsorganisation und die Art der Finanzierung der Doktorandenstelle (öffentlich vs. Industrie-finanziert).¹⁵ Pezzoni et al. versuchen den Karrierefortschritt von Wissenschaftler in Frankreich und Italien mit bibliometrischen Methoden zu analysieren, indem sie die Produktivität, institutionelle Zugehörigkeit und Koautorenschaften mit „Star“-Wissenschaftlern und mit „Full Professors“ derselben Universität untersuchen.¹⁶ Beide Studien fanden Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den jeweils untersuchten Karrieresystemen, aber sie konnten weder die Unterschiede erklären noch angeben, wie die Effekte produziert worden sind.

An diesen Studien erkennt man, wie stark auch die Forschungen zu Wissenschaftlerkarrieren durch die klassische Frage der organisationssoziologischen Karriereforschung geprägt sind. Stets geht es um die Positionen in Organisationen und deren Einfluss auf einen wie auch immer definierten und gemessenen Erfolg. Die Einbettung von akademischen Karrieren in die Wissensproduktion und die spezifische Rolle von scientific communities ist dabei weitgehend ignoriert oder in den ‚Kontext‘ der Organisationskarriere von Wissenschaftlern verdrängt worden.¹⁷

14 Beispiele sind die Studien von Reskin, B. F., *Academic sponsorship and scientists' careers*. - In: *Sociology of Education*. 52(1979), S. 129 - 140; McGinnis, R. / Long, J. S., *Entry into Academia: Effects of Stratification, Geography and Ecology*. - In: *Academic Labor Markets and Careers*. Ed. by D. Breneman and T. I. K. Youn. New York: Falmer Press 1988, S. 28 - 51; Miller, C. C. / Glick, W. H. / Cardinal, L. B., *The allocation of prestigious positions in organizational science: accumulative advantage, sponsored mobility, and contest mobility*. - In: *Journal of Organizational Behaviour*. 26(2005), S. 489 - 516.

15 Gaughan, M. / Robin, S., *National science training policy and early scientific careers in France and the United States*. - In: *Research Policy*. 33(2004), S. 569 - 581.

16 Pezzoni, M. / Sterzi, V. / Lissoni, F., *Career progress in centralized academic systems: Social capital and institutions in France and Italy*. - In: *Research Policy*. 41(2012).

3. *Konzzeptioneller Rahmen*

Die bisherige Diskussion hat gezeigt, dass der Einfluss akademischer Karrieremuster auf die Inhalte der Forschung von bisherigen Studien höchstens anhand quantitativer Indikatoren von Forschungsleistungen behandelt wurde. Weitergehende Fragen wie die nach Bedingungen für wissenschaftliche Innovationen benötigen einen konzeptionellen Rahmen, der sowohl den systematischen Vergleich von Karriersystemen ermöglicht als auch eine Reduktion der abhängigen Variablen (Veränderung von Forschungsinhalten) auf Leistungskennziffern vermeidet. Meine Untersuchung basiert daher auf theoretischen Überlegungen, die in Untersuchungen akademischer Karrieren aus wissenschaftssoziologischer Perspektive und in einem laufenden Projekt zu Bedingungen intellektueller Innovationen entwickelt und angewendet worden sind.¹⁸ Ausgehend von grundsätzlichen Überlegungen der „Chicago School“ der dreißiger Jahre des vergangenen Jahrhunderts und von Forschungen zu professionellen Karrieren¹⁹ unterscheidet unser Modell analytisch drei miteinander verbundene Karrieren:

- Alle Forscher entwickeln eine „Forschungsbiographie“²⁰, die aus den im Verlauf der Karriere bearbeiteten Forschungsvorhaben besteht. Da die meisten dieser Vorhaben an eigene frühere Forschungen anschließen, bil-

- 17 Zum Beispiel Bowden, V., *Managing to Make a Difference: Making an Impact on the Careers of Men and Women Scientists*. Aldershot: Ashgate Publishing 2000; Huisman, J. / de Weert, E. / Bartelse, J., *Academic careers from a European perspective: The declining desirability of the faculty position*. - In: *Journal of Higher Education*. 73(2002), S. 141 - 160; Robin, S. / Cahuzac, E., *Knocking on Academia's Doors: An Inquiry into the Early Careers of Doctors in Life Sciences*. - In: *Labour*. 17(2003), S. 1 - 23; Duberley, J. / Cohen, L. / Mallon, M., *Constructing Scientific Careers: Change, Continuity and Context*. - In: *Organization Studies*. 27(2006), S. 1131-1151.
- 18 Gläser, J., *Macrostructures, careers and knowledge production: a neoinstitutionalist approach*. - In: *International Journal of Technology Management*. 22(2001), S. 698 - 715. Laudel, G. / Gläser, J., *From apprentice to colleague: the metamorphosis of Early Career Researchers*. - In: *Higher Education*. 55(2008), S. 387 - 406; Laudel, G. / Gläser, J., *Academic careers and how to find research excellence*. - In: *Plattform Forschungs- und Technologieevaluierung*, Nr. 36, Juni (2011).
- 19 Dalton, G. W. / Thompson, P. H. / Price, R. L., *The four stages of professional careers - a new look at performance by professionals*. - In: *Organizational Dynamics*. 6(1977), S. 19 - 42.; Zabusky, S. E. / Barley, S. R., *"You Can't be a Stone if You're Cement": Reevaluating the Emic Identities of Scientists in Organizations*. - In: *Research in Organizational Behavior*. 19(1997), S. 361 - 404.
- 20 Chubin, D. E. / Conolly, T., *Research Trails and Science Policies*. - In: *Scientific Establishments and Hierarchies*. Hrsg. v. N. Elias, H. Martins and R. Whitley. Dordrecht: Reidel 1982, S. 293 - 311.

den sie eine sich verzweigende diachrone Struktur, die zugleich die sich allmählich erweiternde Wissensbasis des Forschers repräsentiert. Dieses iterative Fortschreiten von einem Projekt zum nächsten ist die kognitive Karriere eines Wissenschaftlers.

- Wissenschaftler durchlaufen eine Statuskarriere in ihrer scientific community. Den verschiedenen Stadien dieser Karriere entsprechen jeweils Rollenerwartungen von Wissenschaftlern in ihrer scientific community: ein Lehrling lernt unter der Anleitung von anderen zu forschen. Doktoranden sind Lehrlinge, und mitunter kann diese Stufe sich in der Zeit unmittelbar nach der Promotion fortsetzen. Ein Kollege ist jemand, der unabhängige Forschung betreibt, d.h. autonom über zu lösende Probleme, Herangehensweisen und die Art und Weise der Kommunikation der Ergebnisse gegenüber der scientific community entscheidet. Ein Meister arbeitet als Kollege und leitet seinerseits zusätzlich Lehrlinge an. Ein Mitglied der Elite gestaltet außerdem die Richtung der Wissensproduktion einer scientific community;
- Natürlich durchlaufen auch Wissenschaftler eine Organisationskarriere im Sinne der traditionellen Karriereforschung. Die Organisationskarriere besteht aus der Sequenz von Stellen, die durch spezifische Arbeitsaufgaben, das dafür gezahlte Gehalt, Rechte und Pflichten des Stelleninhabers und die von der Organisation bereit gestellte materielle Basis für die Forschung charakterisiert sind.

Für meine Frage nach den Möglichkeiten, neue Forschungslinien zu beginnen, ist die frühe Phase der Community-Karriere besonders interessant. In dieser Phase erwartet die scientific community den Übergang vom Lehrlingsstatus (abhängiges Forschen unter der Anleitung eines Mentors) zum Kollegenstatus (unabhängiges Forschen). Die Bedeutung dieses Karriereschritts zur Unabhängigkeit ist häufig betont worden²¹ Dabei wurde bislang vernachlässigt, dass in der Regel mit diesem Schritt auch die erste autonome Formulierung eines Forschungsproblems verbunden ist. Es ist anzunehmen, dass dieser Übergang mit thematischen Veränderungen, d.h. mit dem Beginn einer neuen Forschungslinie, vonstatten geht.

21 Vgl. NRC (National Research Council), *Bridges to Independence: Fostering the Independence of New Investigators in Biomedical Research*. Washington, D.C.: The National Academies Press 2005. S. 4; Böhmer, S. / Ins, M. v., *Different — not just by label: research-oriented academic careers in Germany*. - In: *Research Evaluation*. 18(2009), S. 177 - 184; Garforth, L / Kerr, A., *Constructing careers, creating communities: findings of the UK KNOWING research on knowledge, institutions and gender*. Leeds: University of Leeds 2009, S. 15; Jonkers, K., *Mobility, productivity, gender and career development of Argentinean life scientists*. - In: *Research Evaluation*. 20(2011), S. 411-421.

Leider hat keine der genannten Studien versucht, den Übergang zur autonomen Themenwahl und seine Konsequenzen für die Forschungsinhalte zu analysieren. Wir sind dieser Frage in einer Pilotstudie²² nachgegangen und haben herausgefunden, dass eine erfolgreiche „Lehre“ (d.h. eine Promotion, die von der Fachgemeinschaft als wichtiger Beitrag anerkannt wird) und eine daran anschließende forschungsintensive Phase wichtige fördernde Bedingungen sind. Wir haben auch gezeigt, dass der Übergang zur Unabhängigkeit häufig mit dem Beginn einer neuen Forschungslinie verbunden ist, die ganz bewusst als vom Thema der Promotion abweichend konzipiert wird.

In der hier vorgestellten empirischen Untersuchung konzentriere ich mich auf die Phase in der Community-Karriere, die unmittelbar auf den Übergang zu selbständiger Forschung folgt, d.h. auf die ersten Jahre als „Kollege“, in der Reputation und Status des Wissenschaftlers noch relativ niedrig sind. Die Untersuchung soll aufklären, wie die Organisationskarriere der jungen „Kollegen“ die Möglichkeiten eines Pfadbruchs in der kognitiven Karriere, d.h. den Beginn einer neuen Forschungslinie, beeinflusst.

Der Beginn neuer Forschungslinien ist häufig mit Kosten und Risiken verbunden: so müssen zum Beispiel Experimentalsysteme geschaffen und zum Laufen gebracht werden und es ist schwieriger, Projektmittel einzuwerben, wenn man noch keine Vorarbeiten aufweisen kann. Wegen dieser Kosten und Risiken erfordert der Beginn einer neuen Forschungslinie einen geschützten Raum.²³ Der geschützte Raum wird als der Zeithorizont definiert, in dem ein Wissenschaftler eine ihm zur Verfügung stehende Forschungskapazität autonom nutzen kann, d.h. vor hierarchischen Interventionen und Reputationsverlust zum Beispiel durch ausbleibende Publikationen geschützt ist. Der geschützte Raum hat also drei Dimensionen, und zwar:

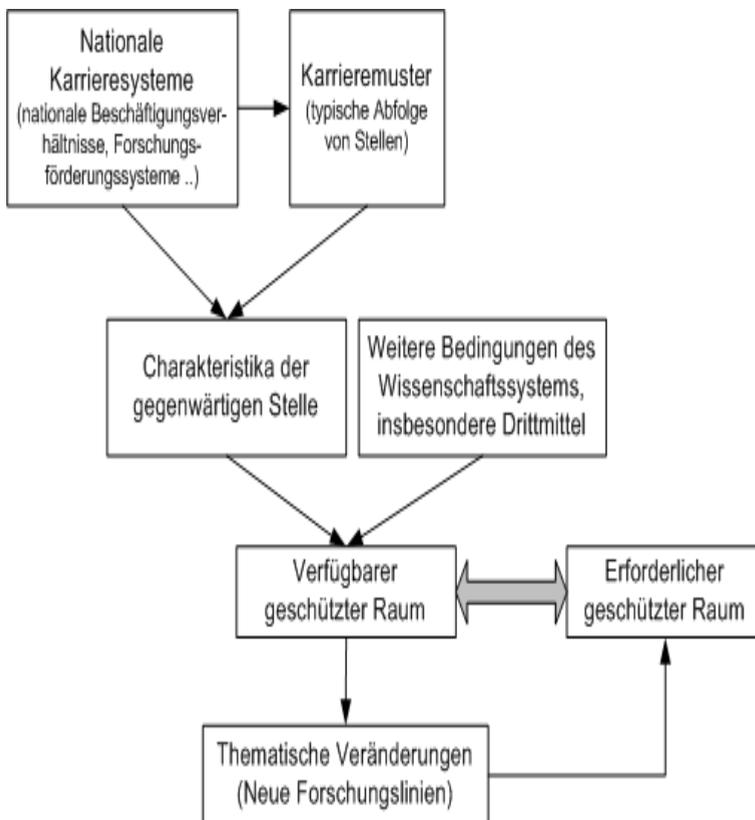
- die Forschungskapazität, über die ein Wissenschaftler verfügt (Ressourcen, Zeit für Forschung, Wissen),
- der Zeithorizont, für den er über diese Forschungskapazität autonom verfügen kann, und
- die thematische Breite, innerhalb der er autonom entscheiden kann.

22 Laudel, G. / Gläser, J., From apprentice to colleague: the metamorphosis of Early Career Researchers. - In: *Higher Education*. 55(2008), S. 387 - 406.

23 Dieses Konzept wurde im Rahmen des RHESI-Projektes entwickelt – siehe Laudel, G. / Gläser, J., 2012. *Breaking different paths: Towards a comparative analysis of conditions for scientific innovations*. Konferenzpapier für den Workshop “Path-breaking innovation. Understanding, managing and providing continuous radical change in science and innovation”, Milano, 27 - 29 June 2012; Whitley, R., *Institutional Change and Scientific Innovations: The roles of protected space and flexibility*. Konferenzpapier für das 28. EGOS Kolloquium, 5.-7. Juli 2012, Helsinki.

Wie groß der geschützte Raum für den Start einer neuen Forschungslinie sein muss, hängt von der beabsichtigten Veränderung und den epistemischen Eigenschaften des neuen Forschungsvorhabens ab. Der geschützte Raum wird insbesondere von dem jeweiligen Stellentyp bestimmt. Er kann in allen drei Dimensionen durch Drittmittelfinanzierungen erweitert werden. Abbildung 1 fasst die wichtigsten Variablen zusammen.

Abbildung 1: Kausalbeziehungen zwischen nationalen Karrieresystemen und der Veränderung von Forschungslinien



4. Methoden und Daten

Ich greife für meine Argumentation auf Daten aus zwei empirischen Untersuchungen zurück. Eine erste Studie vergleicht nationale Karrieresysteme in Deutschland, den Niederlanden und Australien und fragt, wie Wissenschaftler in der frühen Karrierephase eigenständige Forschungslinien entwickeln. Die zweite Studie untersucht Forschungsbedingungen und Themenwechsel von Wissenschaftlern in frühen Karrierephasen, die durch den European Research Council finanzielle Mittel („ERC Starting Grant“) erhalten haben.

Beide Untersuchungen sind interviewbasierte vergleichende Fallstudien. Zwischen 2007 und 2011 habe ich 60 Interviews mit Wissenschaftlern in deutschen, niederländischen und australischen Forschungsorganisationen (hauptsächlich Universitäten) durchgeführt. Das Forschungsalter der Wissenschaftler zum Zeitpunkt des Interviews variierte zwischen drei und sieben Jahren nach der Promotion. Um fachspezifische Besonderheiten festzuhalten, habe ich Karrieren in zwei sehr verschiedenen Gebieten studiert: Molekularbiologie und Geschichte. Einen Überblick über die durchgeführten Interviews gibt Tabelle 1. Zusätzlich habe ich eine Sekundäranalyse von sieben Interviews mit australischen Wissenschaftlern aus einem dritten Projekt (zur evaluationsbasierten Forschungsfinanzierung an australischen Universitäten) durchgeführt (siehe Fußnote 22).

Tabelle 1: Durchgeführte Interviews
(in Klammern: Zahl der Interviews aus der Sekundäranalyse)

	Karrieren in verschiedenen Fachgebieten		
		Geschichte	Molekularbiologie
Nationale Karriereinstitutionen	Deutschland	10	9
	Niederlande	8	9
	Australien	10(9)	14(9)
Zahl der Interviews	60	28(9)	32(9)

Die Interviewpartner wurden nach ihren Forschungen, ihren Karrieren und ihren Forschungsbedingungen befragt. Die Identifizierung neuer Forschungslinien ist ein schwieriges Unterfangen. Die Interviews wurden deshalb anhand von Internet-Informationen, durch das Lesen von Publikationen des Wissenschaftlers und durch die bibliometrische Rekonstruktion von Forschungslinien vorbereitet.

Letzteres diene dazu, im Interview Narrationen über Forschungsinhalte zu erzeugen und zu unterstützen. Die Interviews wurden systematisch durch qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet, indem Informationen in theoretisch und empirisch abgeleitete Kategorien extrahiert wurden.²⁴

Im folgenden werde ich zunächst die drei nationalen Karrieresysteme und die durch sie geschaffenen Karrieremuster vorstellen. Karrieremuster entstehen dadurch, dass die nationalen Karrieresysteme bestimmte Arten von Stellen definieren und durch die Bedingungen für die Vergabe dieser Stellen charakteristische Abfolgen von Stellen nahe legen. Die Stellen schaffen jeweils typische geschützte Räume und stellenspezifische Möglichkeiten, diese geschützten Räume z.B. durch Drittmiteleinwerbung auszuweiten. (4). Danach werde ich die tatsächlich beobachteten Karrieresituationen und ihre Effekte auf den Beginn neuer Forschungslinien diskutieren, zum einen für die Molekularbiologie (5), zum anderen für die Geschichte (6).

5. *Nationale Karrieremuster und geschützter Raum in Deutschland, Australien und den Niederlanden*

5.1 Strukturelle Differenzen und Gemeinsamkeiten

Nationale Karrieresysteme beschreiben die Gesamtheit institutioneller Regeln, die akademische Karrieren in einem Land formen. Quellen solcher Regeln sind der Staat, die Forschungsförderungsorganisationen und die nationalen scientific communities. Nationale Karrieresysteme schaffen spezifische Karrieremuster, d.h. typische Abfolgen von Stellen.

Australien, Deutschland und die Niederlande weisen interessante Unterschiede hinsichtlich ihrer nationalen Beschäftigungsverhältnisse auf. Um sie zu charakterisieren unterscheidet ich zwischen dem Chair-System, Tenure-System und Tenure-Track-System.²⁵ Chair-Systeme sind durch späte Entfristung und durch die formale Abhängigkeit des Wissenschaftlers vom Lehrstuhlinhaber in der Zeit zwischen Promotion und Erhalt einer Professur gekennzeichnet. Deutschland ist der klassische Vertreter des Chair-Systems.²⁶ Australien hat dagegen ein Tenure-System, das durch kurze Probezeiten, frühe Entfristung und interne Beförderung

24 Gläser, J. / Laudel, G., Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2010; Gläser, J. / Laudel, G., Life With and Without Coding: Two methods of early-stage data analysis in theory-guided qualitative research. . Discussion Paper 31/11. Berlin: ZTG 2011.

gekennzeichnet ist. Das australische System besitzt flache Hierarchien – die Akademiker sind mit ihrer ersten permanenten Stelle (lecturer) formal unabhängig.

Die Niederlande hatten schon frühzeitig einen Mix aus Tenure- und Chair-System. Es ist einerseits durch frühe Entfristung und die Möglichkeit der internen Beförderung charakterisiert, andererseits existieren starke faktische Abhängigkeiten des wissenschaftlichen Personals vom Professor, wie es für das Chair-System typisch ist.²⁷ Diese Abhängigkeit bezieht sich nicht direkt auf die Formulierung von Forschungsvorhaben, sondern auf den Zugang zur Grundausstattung und die Betreuung von Doktoranden, die jeweils der Zustimmung des Professors bedürfen.

Die Karrierestrukturen, die bisher beschrieben worden sind, unterliegen der Autorität der Forschungsorganisation (der Universität). Da jedoch weltweit eine Verlagerung der Grundfinanzierung von Forschung auf projektbasierte Finanzierung stattgefunden hat, sind Forschungsförderorganisationen der zweite wichtige Anbieter von akademischen Stellen und besitzen auf diese Weise Autorität über Karrieren. In allen drei Ländern spielen Promotionsstellen, Postdoc-Stellen innerhalb von Projekten anderer sowie individuelle Fellowships eine zunehmend wichtige Rolle. Vor allem Postdoc-Stellen sind weit verbreitet. Im folgenden werde ich typische akademische Stellen einführen, die die untersuchten Nachwuchswissen-

- 25 In der Hochschulforschung existiert keine allgemein anerkannte Typisierung. Häufig werden nationale Karrieremuster rein empirisch als „das nordamerikanische“, „das Britische“, „das Deutsche Modell“ charakterisiert (zum Beispiel Baruch, Y., Transforming careers: from linear to multidirectional career paths: Organizational and individual perspectives. - In: Career Development International. 9(2004), S. 58 – 73). Das Konzept „Tenure-Modell“ wird auch für Karrieresysteme mit langen und strikt ergebnisoffenen Probezeiten benutzt, nach denen entfristet (Tenure vergeben) wird oder auch nicht (zum Beispiel Altbach, P. G., The Changing Academic Workplace: Comparative Perspectives. Massachusetts: Center for International Higher Education (2000); Enders, J. / Musselin, C., Back to the Future? The Academic Profession in the 21st Century. - In: Higher Education to 2030, Vol. 1, Demography. Hrsg. v. OECD, Center for Educational Research and Innovation. Paris: OECD 2008, S. 125 - 150.). Kreckel dagegen differenziert zwischen „Tenure-Modell“ und „Tenure-Track-Modell“ (Kreckel, R., Zwischen Promotion und Professur. Leipzig: Akademische Verlaganstalt 2008, S. 17).
- 26 Die Einführung der Juniorprofessur als neuen akademischen Stellentyp, der Wissenschaftlern frühzeitig Autonomie verschafft und sie über einige Ressourcen verfügen lässt, verändert die generelle Charakterisierung als Chair-System nicht.
- 27 Kürzlich hat das Niederländische System Veränderungen erfahren. Es gibt Tendenzen, die Probezeit auf fünf oder sechs Jahre auszudehnen und striktere Evaluationen vor der Entfristung einzuführen. Auch der Erhalt einer Professur (eines Lehrstuhls) erfordert zunehmend in einigen Disziplinen organisationale Mobilität, und ist damit keine interne Beförderung mehr. Trotz dieser Tendenzen ist die generelle Charakterisierung als Tenure-System immer noch korrekt.

schaftler inne hatten, und werde sie anhand des typischen geschützten Raumes, den sie schaffen, charakterisieren.

5.2 Deutschland

Postdoc-Stellen sind ein wesentlicher Bestandteil des deutschen Systems. Sie werden häufig von Wissenschaftlern angeboten, die mit ihren Drittmitteln auch Mittel für Stellen eingeworben haben. Zusätzlich finanziert die DFG mit Postdoc-Stipendien Auslandsaufenthalte. Der geschützte Raum unterschied sich in beiden Fällen kaum: hinsichtlich der Forschungskapazität waren die Postdocs stets vom Gruppenleiter abhängig, und die thematische Breite ihres geschützten Raumes war durch das jeweilige Projekt, in dem sie tätig waren, begrenzt.

Unterhalb der Ebene der unbefristet berufenen Professoren stellt die deutsche Universität typischerweise Stellen für wissenschaftliche Mitarbeiter (bzw. wissenschaftliche Assistenten) und für Juniorprofessoren bereit (siehe Tabelle 2). Assistentenstellen sind auf maximal sechs Jahre befristet. Die Forschungskapazität eines Assistenten ist sehr gering, da er über keine eigene Grundausrüstung verfügt. Die Forschungszeit wird durch Lehraufgaben (formal vier Wochenstunden) reduziert. Die Forschungsautonomie eines Assistenten wird durch die ‚Anleitung‘ durch den Professor begrenzt, d.h. die thematische Breite des geschützten Raumes ist formal eingeschränkt.

Die Wissenschaftspolitik hat die starke formale Abhängigkeit von Nachwuchswissenschaftlern als Problem angesehen und darauf im Jahre 2002 mit der Einführung der Juniorprofessur reagiert. Juniorprofessuren sind auf sechs Jahre befristete Stellen. In einer Zwischenevaluation nach drei Jahren soll entschieden werden, ob die Berufung auf eine unbefristete Professur erfolgt. Da dies jeweils das Vorhandensein einer zu besetzenden Professur erfordert, sind die Juniorprofessuren nur in seltenen Fällen mit einer solchen Tenure-Option verbunden. Die Forschungskapazität der Juniorprofessoren ist Verhandlungssache und variiert dementsprechend. Die formale Lehrbelastung beträgt vier Wochenstunden in den ersten drei Jahren und steigt danach auf neun Wochenstunden an. Eine ähnliche Konstruktion ist die Stelle des Juniorgruppenleiters, die vor allem in naturwissenschaftlichen Fachbereichen eingeführt wurde, um frühe Unabhängigkeit zu befördern.

Tabelle 2: Typische Nachwuchswissenschaftlerstellen in der Molekularbiologie und der Geschichte im deutschen Karrieresystem

Beschäftigungsverhältnis	Autonom kontrollierte Forschungskapazität		Zeithorizont des Schutzes	thematische Breite	Autorität
	Ressourcenverfügung (Personal, Geräte, etc.)	Zeit für Forschung			
Postdoc in der Forschungsgruppe eines anderen Wissenschaftlers	Keine (abhängig vom Gruppenleiter)	100 %	häufig 2, bis zu 5 Jahre	limitiert durch das Projekt	Drittmittelorganisation/ Forschungsorganisation
Karriere-Fellowships (Emmy-Noether)	ca. zwei Doktorandenstellen, Geräte und materielle Unterstützung	100 %	5 Jahre	limitiert durch das Projekt	Drittmittelorganisation
Karriere-Fellowships (Feodor Lynen)	materielle Unterstützung	100 %	2 Jahre	limitiert durch das Projekt	Drittmittelorganisation
Assistent	Keine, abhängig vom Professor	Reduziert durch Lehre	bis zu 6 Jahre	limitiert durch Organisationskontext	Forschungsorganisation
Juniorprofessor / Juniorgruppenleiter	variiert, häufig keine Personalstellen	Reduziert durch Lehre	6 Jahre	keine Beschränkungen	Forschungsorganisation

Zusätzlich zu den universitären und außeruniversitären Einrichtungen bieten Forschungsförderorganisationen Stellen an. Die Stipendien der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzieren das Gehalt eines Wissenschaftlers und stellen zusätzlich Projektmittel bereit. Als reine Forschungsstellen bieten sie dem Inhaber dieser Förderung ein Maximum an Zeit für Forschung. In der Molekularbiologie spielten von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierte Emmy Noether-

Nachwuchsgruppenleiterstellen eine wichtige Rolle. Bis zu vier Jahren nach der Promotion können sich junge Wissenschaftler darauf bewerben, wenn sie zuvor eine Postdoc-Phase im Ausland verbracht haben. Die auf fünf Jahre angelegte Förderung stellt eine ansehnliche Forschungskapazität bereit, denn es wird neben der eigenen Stelle zusätzliches Personal finanziert. Die Bewilligungsrate beträgt 50-55 Prozent²⁸. Das erscheint sehr hoch, allerdings ist das Zeitfenster für Bewerbungen eher eng, wenn man die geforderte vorherige Postdoc-Phase mit einrechnet. In der Geschichte spielte ein anderes Stipendium eine wichtige Rolle, das Feodor-Lynen-Stipendium der Alexander von Humboldt Stiftung. Dieses Stipendium ist auf dieselbe Karrierephase gerichtet (es wird bis zu vier Jahren nach der Promotion vergeben), dient aber der Förderung der internationalen Mobilität: die Wissenschaftler müssen mit dem Stipendium ins Ausland gehen. Die Förderdauer beträgt maximal zwei Jahre.

Das typische Karrieremuster deutscher Biologen bestand aus ein oder mehreren Postdoc-Stellen, gefolgt durch eine Assistentenstelle oder eine Juniorprofessur bzw. Juniorgruppenleiterposition. Das typische Karrieremuster in der Geschichte ist eine Assistentenstelle, der mitunter ein Postdoc-Stelle vorausgeht. Junior-Professuren als Alternative zur Assistenz spielten eine geringe Rolle. Tabelle 1 fasst die wesentlichen akademischen Stellentypen und ihre Merkmale bezogen auf den Geschützten Raum zusammen.

Die Forschungskapazität kann über angeworbene Drittmittelprojekte erweitert werden. Die wichtigste Finanzierungsquelle dafür ist die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Die Bewilligungsrate für Einzelprojekte ist relativ hoch – etwa 50 Prozent der Anträge werden gefördert.²⁹

5.3 Australien

Die erste unbefristete Stelle an australischen Universitäten ist die des Lecturers. Nach einer zweijährigen Probezeit werden diese Stellen entfristet. Die Entfristungsentscheidung ist nicht offen wie beim Tenure-Track-System: Das Ausbleiben der Entfristung muss besonders begründet werden und kommt selten vor. Im Unterschied zum deutschen und dem niederländischen System sind Lecturer formal und effektiv unabhängig – der Zeithorizont und die thematische Breite des geschützten Raumes sind hoch. Hinsichtlich der Forschungskapazität

28 Böhmer, S. / Hornbostel, S. / Meuser, M., Postdocs in Deutschland: Evaluation des Emmy Noether-Programms. iFQ-Working Paper 3. Bonn: IFQ 2008, S. 39.

29 DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), 2009. Jahresbericht 2009: Aufgaben und Ergebnisse. Bonn: DFG, http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/geschäftsstelle/publikationen/dfg_jb2009.pdf, S. 180.

ten ist der geschützte Raum jedoch gering, da die australischen Universitäten kaum Forschungsgelder für ihre Wissenschaftler bereitstellen.³⁰

Tabelle 3: Typische Nachwuchswissenschaftlerstellen in der Molekularbiologie und der Geschichte im australischen Karrieresystem

Beschäftigungsverhältnis	Autonom kontrollierte Forschungskapazität		Zeithorizont des Schutzes	Thematische Breite	Autorität
	Ressourcenverfügung (Personal, Geräte, etc.)	Zeit für Forschung			
Postdoc in der Forschungsgruppe eines anderen Wissenschaftlers	keine (abhängig vom Gruppenleiter)	100 %	häufig 2 Jahre, bis zu 5 Jahre	limitiert durch das Projekt	Drittmitelorganisation/ Universität
Karriere-Fellowships	sehr gering	100%	häufig 3 Jahre, bis zu 5 Jahre	unbegrenzt	Drittmitelorganisation/ Universität
Lehrbeauftragter	keine (Zugang zur Infrastruktur)	sehr wenig	circa 1 bis 2 Jahre	unbegrenzt	Universität
Lecturer/ Seniorlecturer	kein Personal, variierende materielle Unterstützung	stark reduziert durch Lehre	unbegrenzt	unbegrenzt	Universität

Lediglich bei der Einstellung gibt es eine Anschubfinanzierung. Darüber hinaus sind die Lehrbelastungen zum Teil sehr hoch und betragen bis zu 12 Semesterwochenstunden. Lecturer können nach der Evaluierung ihrer Leistungen zum Senior Lecturer, Associate Professor und Professor befördert werden. In der Geschichte führte die Schwierigkeit, eine Lecturer-Stelle zu finden, dazu, dass Historiker häufig als Tätigkeiten als Lehrbeauftragte aufnahmen, die sehr wenig geschützten Raum boten. Diese Historiker konnten die universitäre Infrastruktur nutzen, ihre Forschungen aber nur in ihrer Freizeit betreiben.

Wie in Deutschland spielen Postdocs und Fellowships im Wissenschaftssystem eine wesentliche Rolle. Der geschützte Raum für Postdocs unterschied sich

30 Gläser, J. / Laudel, G., Evaluation without Evaluators. - In: The Changing Governance of the Sciences. Ed. by R. Whitley and J. Gläser. Dordrecht: Springer 2007, S. 127 - 151.

nicht von dem der deutschen Stellen für Postdocs. Fellowships werden von Universitäten und den beiden großen Drittmittelorganisationen (ARC und NHMRC) angeboten, allerdings gab es relativ wenige solcher Stellen. Zudem waren die Fellowships nur mit sehr geringen Mitteln ausgestattet. Das typische Karrieremuster in der Molekularbiologie schloss mindestens eine und häufig eine Sequenz mehrerer Postdoc-Anstellungen nach der Promotion ein. Danach wechselten einige Wissenschaftler noch auf Fellowships, bevor sie eine unbefristete Lecturer-Stelle erhielten. Das typische Karrieremuster in der Geschichte begann mit einer Tätigkeit als Lehrbeauftragter und einen anschließenden Übergang auf eine Lecturer-Stelle. Obwohl der sofortige Übergang von der Promotion auf eine unbefristete Stelle grundsätzlich möglich ist (und früher auch üblich war), gibt es in beiden Disziplinen eine zunehmende Verzögerung des Wechsels auf eine unbefristete Stelle durch verlängerte Postdoc- und Lehrphasen.

Die Wissenschaftler konnten ihre Forschungskapazitäten erweitern, indem sie Projektanträge beim ARC (der einzigen größeren Drittmittelquelle für Historiker) und beim NHMRC stellen. Biologen konnten diese zweite Möglichkeit nutzen, wenn sie einen medizinischen Anwendungsnutzen glaubhaft machen konnten. Die Erfolgsrate für individuelle Projekte ist mit 20-25 Prozent eher gering.³¹ Sie ist nur für anwendungsorientierte Projekte höher, was allerdings die thematische Breite des geschützten Raumes einschränkt.

5.4 Die Niederlande

Die erste unbefristete Stelle an niederländischen Universitäten ist der Universitair Docent (UD). Entfristet wurde gewöhnlich nach 2 Jahren Probezeit. Die nächste Stufe der Organisationskarriere ist der Universitair Hoofddocent (UHD), die typischerweise durch interne Beförderung erreicht wird (vergleichbar mit dem australischen System). Die Forschungskapazitäten eines UD und UHD sind eher gering. Inhaber dieser Stellen verfügen nicht über eine Grundausstattung. Mitunter wird neu eingestellten Wissenschaftler eine Anschubfinanzierung bereitgestellt. Die Lehrbelastung wird von Universitäten und Fakultäten festgelegt, in der Regel sind jedoch 40% der Arbeitszeit formal für Forschung vorgesehen.

31 vgl. Laudel, G., The 'quality myth': Promoting and hindering conditions for acquiring research funds. *Higher Education* 52 (2012): 375 - 403 (S. 494); Martin, S., *Research Sans Frontières? The effect of Funding Schemes on International Research Collaboration*. Dissertation, Canberra: Australian National University 2012: 66.

Tabelle 4: Typische Nachwuchswissenschaftlerstellen in der Molekularbiologie und der Geschichte im niederländischen Karrieresystem

Beschäftigungsverhältnis	Autonom kontrollierte Forschungskapazität		Zeithorizont des Schutzes	Thematische Breite	Autorität
	Ressourcenverfügung (Personal, Geräte, etc.)	Zeit für Forschung			
Postdoc in der Forschungsgruppe eines anderen Wissenschaftlers	keine (abhängig vom Gruppenleiter)	100%	häufig 2 Jahre, bis zu 5 Jahre	limitiert durch das Projekt	Drittmitelorganisation/Universität
Karriere-Fellowships (Veni)	kein Forschungspersonal, geringe materielle Unterstützung	100%	3 Jahre	unbegrenzt	Drittmitelorganisation
Karriere-Fellowships (Vidi)	ca. 1 Stelle, materielle Unterstützung	100%	5 Jahre	unbegrenzt	Drittmitelorganisation
Unbefristete Stelle (UD/UHD)	keine, abhängig vom Lehrstuhlinhaber, mitunter Anschubfinanzierung	circa 40% reduziert durch Lehre	unbegrenzt	limitiert durch Organisationskontext	Universität

Seit 2002 existieren Fellowships (Veni, Vidi, Vici) für Wissenschaftler in frühen und mittleren Karrierestadien. Diese Fellowships stellen in unterschiedlichem Maße Forschungskapazitäten bereit: eine Veni Fellowship stellt über die Finanzierung der eigenen Stelle nur geringfügige Projektmittel bereit, während Vidi und Vici zusätzliches Personal finanzieren. Der Zeithorizont für Veni Fellowships beträgt drei, für Vidi und Vici fünf Jahre. Die thematische Breite ist unbegrenzt, man kann sich mit einem selbstgewählten Thema bewerben. Schließlich sind – wie in den anderen beiden Systemen – Postdocs wichtige Bausteine der Organisationskarriere.

Das typische Karrieremuster in der Molekularbiologie war eine Postdoc-Stelle, gefolgt durch ein Veni-Grant oder einen anderen Postdoc, gefolgt durch entweder eine unbefristete Stelle als UD oder eine weitere Postdoc-Beschäftigung. Das beobachtete Karrieremuster in der Geschichte bestand aus einer Postdoc-Stelle

oder Veni Fellowship nach der Promotion, gefolgt durch einen anderen Postdoc oder eine unbefristete UD-Stelle.

Die Forschungskapazität kann durch Drittmittel erweitert werden, die hauptsächlich von der niederländischen Förderorganisation NWO bereitgestellt werden. Die Erfolgsrate für Einzelprojekte ist mit 22 Prozent eher niedrig.³²

5.5 Vergleich des geschützten Raumes in den drei Karrieresystemen

Wenn wir die drei Karrieresysteme vergleichen, dann zeigen sich interessante Differenzen zwischen den jeweils erreichbaren geschützten Räumen. Der geschützte Raum im deutschen System hat einen begrenzten Zeithorizont, bietet aber die größte Forschungskapazität. Die thematische Breite ist limitiert durch die formale Abhängigkeit vom Professor. Das australische Tenure-System bietet einen längeren Zeithorizont durch relativ frühe Entfristung, aber wegen der geringen Forschungsmittel in den Universitäten, der schlechten Ausstattung der Fellowships und der geringen Bewilligungsraten bei Drittmitteln nur geringe Forschungskapazitäten. Die thematische Breite des geschützten Raumes ist relativ hoch, da sie nicht durch hierarchische Abhängigkeiten eingeengt wird. Das niederländische Tenure-System ist ebenfalls durch einen langen Zeithorizont gekennzeichnet. Forschungskapazitäten und thematische Breite sind relativ gering wegen der hierarchischen Abhängigkeit vom Professor und geringer Bewilligungsraten bei Drittmitteln.

Akademische Stellen schaffen Bedingungen für Forschung. Die meisten dieser Stellen kombinieren Forschungs- und Lehrtätigkeit, d.h. ein bestimmter Zeitananteil ist für die Lehre vorgesehen. Allerdings gibt es Situationen, in denen der Lehranteil so hoch ist, dass praktisch keine Forschung mehr möglich ist. Solchen Situationen begegneten wir im australischen Karrieresystem. In Deutschland wurden neue lehrbezogene Stellen geschaffen (Lehrkraft für besondere Aufgaben). Dieser Typ von Karrieresituation wird hier ausgeklammert, da es in dieser Untersuchung um die Möglichkeiten von Nachwuchswissenschaftlern geht, neue Forschungslinien zu starten. Die Annahme ist, dass alle Wissenschaftler ein Minimum an Geschütztem Raum hatten, um überhaupt forschen zu können.

6. *Beginn neuer Forschungslinien in der Molekularbiologie*

In der Molekularbiologie dauern die meisten Forschungsprozesse höchstens drei Jahre. Die benötigte Infrastruktur an Geräten ist „thematisch neutral“, muss also

32 NWO, NWO Jaarverslag 2010. Den Haag: NWO 2011. S. 30.

bei thematischen Wechseln in der Regel nicht ausgewechselt werden. Die wichtigsten Ressourcen, die benötigt werden, sind wissenschaftliches und technisches Personal sowie Verbrauchsmittel.

Die Doktoranden in der Molekularbiologie verfügen noch nicht über ausreichendes Wissen, um eine eigene Fragestellung für ihr Promotionsprojekt formulieren zu können. Der Gruppenleiter formuliert das Thema und gibt Orientierung für die Durchführung des Projektes. Promotionsprojekte unterliegen einer strikten Arbeitsteilung zwischen Gruppenleiter und Doktorand.³³ In vielen Ländern sieht die typische Karriere in der Molekularbiologie so aus, dass nach der Promotion eine Postdoktorandenstelle angetreten wird. Auf diesen Stellen wird häufig weiter gelernt. Selbst nach der Promotion müssen sich Molekularbiologen zusätzliches Wissen aneignen. Der erste Postdoc in der Molekularbiologie dient fast immer diesem Zweck und setzt damit die Phase des „Apprentice“ der Community-Karriere fort. Selbst eine Sequenz von Postdoc-Stellen kann immer noch diesen Lernbedarf erfüllen. Es ist nicht überraschend, dass in der Molekularbiologie der Postdoc die häufigste Beschäftigungsform in der frühen Karrierephase war. Diese Form der Beschäftigung unterstützt das Lernen in verschiedenen Labors und insbesondere auch die vom Postdoc erwartete internationale Mobilität. Der geschützte Raum war in allen untersuchten Fällen ähnlich und scheint relativ unabhängig vom konkreten Karrieresystem zu sein.

Nach der Lernphase wird von dem Nachwuchswissenschaftler erwartet, dass er eine unabhängige Forschungslinie entwickelt. Diese muss sich von der des Gruppenleiters, bei dem der Wissenschaftler als Postdoc gearbeitet hat, unterscheiden. Es gibt also klare Erwartungen der scientific community, die den thematischen Wechsel befördern.

Wie bereits angedeutet, ist zwar die thematische Breite des geschützten Raumes eines Postdocs nicht sehr groß, der Postdoc hat aber durch die Auswahl einer Gruppe für seinen Aufenthalt einen gewissen Einfluss auf das Thema, das ihm vorgegeben wird. In der Molekularbiologie gibt es international sehr viele Postdoc-Stellen, und die Wissenschaftler konnten sich häufig eine Stelle aussuchen, die ihren Interessen entsprach.

„Das heißt, man kann das Kalzium-Imaging nehmen, um die Aktivität von Nervenzellen anzugucken. Das wollte ich machen. [...] Und dann habe ich mir halt angeguckt, welche Labore das machen. Und dann habe ich mir eins rausgesucht, wo ich dachte, dass man das da gut machen kann.“
(Deutscher Biologe)

33 Laudel, G., Collaboration, creativity and rewards: why and how scientists collaborate. - In: International Journal of Technology Management. 22(2001), S. 762 - 781.

In ihrer Tätigkeit als Postdoc haben alle interviewten Wissenschaftler an Forschungsthemen gearbeitet, die den Interessen des Gruppenleiters entsprachen. Selbst wenn Postdocs in das Schreiben von Projektanträgen einbezogen wurden, trugen die Anträge zur Forschungslinie des Gruppenleiters bei.

„A: It is a big application which [the group leader] wrote, and we (postdocs and PhD students) contributed a little bit with giving him data, writing some of the stuff.

F: For your research this was a continuation?

A: Yes, it was more or less written along these lines. He really wants to push this topic forward.“
(Niederländische Biologin)

Obwohl das in dieser Phase aufgenommene Wissen wichtig war für den Beginn einer eigenen Forschungslinie, gab es während des Postdocs kaum Gelegenheiten, diese neue Linie zu entwickeln. Das folgende Beispiel zeigt, dass ein Postdoc wichtige Ergebnisse gefunden hatte, um daraus eine neue Forschungslinie zu entwickeln, aber für deren Realisierung nicht genügend Autonomie besaß. Er entschied sich dafür, das Labor zu verlassen und eine andere Stelle zu suchen:

„A: That has very much continued along the same lines of what I started in [the US postdoc lab]. It's pretty much all centred around, I guess, the sort of coincidental findings that we had [in the US lab]. So it turned out that one of the species that I started working on in [the US lab] had a very interesting mechanism for sex determination ..

F: And you were the main person who discovered it. [...] you started this topic there [in the US lab] and then took it here. Is there any problem with the [US] lab that you work parallel on the same thing?

A: They didn't really continue to work on sex determination. That's also one of the reasons why I thought it was time to move away from there because their lab focuses mostly on biological control of [...], so it's more applied [...]. He [the group leader] gets most of his funding for applied purposes [...]. So he didn't have any more funding for [...] determination studies anyway.“
(Niederländischer Biologe)

Die limitierte thematische Breite, die ein Postdoc prinzipiell hatte, konnte durch den Gruppenleiter erweitert werden. Die folgende Situation zeigt, wie ein Postdoc an einer englischen Universität eine neue Forschungslinie entwickeln konnte, indem der Gruppenleiter den erforderlichen Geschützter Raum großzügig gewährte.

„Then he said, these [...] proteins look quite interesting, why don't you have a look at those. So I did. But at that point I was given almost free range of deciding exactly what questions

about these [...] proteins I found most interesting and how I go about doing that. So, and then as the postdoctoral work leaped along, towards the end of my postdoc, after a few years I was almost given free range of deciding what particular questions I found most interesting, as long as they fell in this general field [...], and in particular how it did fit with the other cell biologists in the department and what they were working on. And that's why I became interested in these particular proteins which are components of this [specific cell] complex. [...] This graph is actually quite interesting, because it shows quite nicely how I started off with a fairly defined set of part of the project. And then it kind of expanded and I was given more and more free range to decide what I wanted to do. And then this developed into the [topic on this] complex. And that is now actually where the main projects are going on in my lab here at [my current university].“
(Australischer Biologe)

Hier handelt es sich um eine eher ungewöhnliche Situation, weil der Wissenschaftler bereits zwei Jahre lang an einem selbst gewählten Problem arbeiten konnte. Ermöglicht wurde diese Situation durch eine sehr lange Postdoc-Phase im selben Labor und durch die vom Gruppenleiter gewährte Autonomie.

Die Bedingungen einer Postdoc-Beschäftigung scheinen in allen Ländern, einschließlich den USA und anderen Ländern, in den die Interviewten als Postdocs tätig waren, ähnlich zu sein. Deshalb sind auch die Bedingungen für den Beginn neuer Forschungslinien für Wissenschaftler aus allen drei Ländern einander sehr ähnlich, weil die Molekularbiologen jeweils in eine existierende Forschungslinie (die des Gruppenleiters) eintraten. Der Wechsel vom Lehrlings- zum Kollegen-Status wird in der Postdoc-Phase selten vollzogen, weil der geschützte Raum vom Gruppenleiter stark eingeschränkt wird. Die Unterschiede zwischen den drei Karrieresystemen werden deutlich, wenn wir die neben oder nach den Postdoc-Stellen angetretenen Stellen analysieren.

In allen drei Systemen werden Fellowships angeboten, d.h. von Drittmittelgebern bezahlte Stellen mit jeweils spezifischer Ausstattung für Forschungsprojekte. In Deutschland hatten zwei der untersuchten Wissenschaftler Emmy Noether-Fellowships. Allerdings waren sie bereits auf Universitätsstellen und konnten die Projektmittel nutzen, um ihren Geschützter Raum auszuweiten. Diese Fellowships sind attraktiv, weil sie die für die Biologie so wichtigen Personalmittel bieten. In Australien war es schwierig, auf Fellowships Forschung zu beginnen, weil die Fellowship nur in geringem Maße mit Projektmitteln ausgestattet war. Was an Forschungskapazität benötigt wurde, musste durch die Universität bereitgestellt oder über zusätzliche Drittmittel eingeworben werden. Australische Fellows arbeiteten im Labor anderer Wissenschaftler, was sie von diesen abhängig machte. Ein Wissenschaftler mit einer NHMRC-Fellowship wollte seine Forschungslinie erweitern und neue Objekte einbeziehen. Das war in seiner Situation als „Gast“

im Labor eines anderen schlecht möglich. Er beschreibt hier, wie sich seine Situation veränderte, nachdem er selbst eine Gruppenleiter-Stelle bekommen hatte.

„Under Alan [the group leader] I was certainly doing my own things, I had a postdoc [working for me]. But since then I've been expanding. I have a couple of Ph.D. students and look always to future grants to expand the lab, the people rather than working essentially by myself but independently. And the other thing is really driving my own research interests. For example, the [protein A] work or the [protein B] work are things that I probably wouldn't have done if I was still in Alan's group. There's certainly a lot more independence of being a group leader.“
(Australischer Biologe)

Ein anderer Biologe auf einer Fellowship-Stelle konnte die benötigten Projektmittel durch einen gemeinsamen Projektantrag mit einem Kooperationspartner (einem etablierten Wissenschaftler) sichern und auf diese Weise etwas Neues beginnen.

Die geringe Ausstattung der Fellowships mit Projektmitteln und die extreme Knappheit an Drittmitteln beeinträchtigte den Beginn neuer Forschungslinien. Im Grunde war der geschützte Raum für australische Fellowships oft nicht viel größer als auf Postdoc-Stellen. Es scheint eine Tendenz zu geben, dass die Forschungslinien der Fellows recht nahe an der des Gruppenleiters verbleiben.

Ein ähnliches Problem trat im niederländischen Karrieresystem mit den Veni Fellowships auf. Drei Biologen konnten nach einer Postdoc-Anstellung ihre Karriere mithilfe einer Veni-Fellowship fortsetzen. Der durch die Fellowship gewährte geschützte Raum wurde von allen dreien als unzureichend empfunden: die Projektmittel waren so gering, dass nicht einmal ausreichend Verbrauchsmittel zur Verfügung standen. Einer der Biologen wandelte einen Teil seines Gehalts in Forschungsmittel um, um überhaupt Forschung betreiben zu können. Die anderen beiden nutzten Ressourcen des Departments und zusätzlich bei der Universität eingeworbene Projektmittel. Trotz der Bedeutung von Forschungspersonal in der Molekularbiologie hatte keiner der Nachwuchswissenschaftler zusätzliches Personal (wie etwa Doktoranden) zur Verfügung. Zwei Wissenschaftler hatten eine neue Forschungslinie begonnen, deren erfolgreiche Fortsetzung aber wegen der unzureichenden Forschungskapazitäten als unsicher eingestuft werden muss. Es ist schlichtweg nicht klar, ob diese Wissenschaftler in der Lage sind, ihre Linien zu stabilisieren. Im dritten Fall hatte die Biologin eine neue Forschungslinie aufgebaut, die allerdings eng verbunden war mit der Forschungslinie des Gruppenleiters. Sie hatte in derselben Gruppe als Postdoc begonnen und ihre Karriere auf einer Veni-Fellowship fortgesetzt:

„F: Ok, so it was a three-year postdoc position on another grant and then the Veni. Actually what I see here is .. this is all one cluster so both the postdoc and the Veni research. So it was very connected to what the group did?“

A: Well, the topic I'm looking at [...] receptors, yes. What I did in my Veni was just another perspective to looking at how do receptors interact with other receptor proteins, so this is actually a quite new line in the group. And that's the thing that I also now still persuading to follow that line.“
(Niederländische Biologin)

Die enge Verknüpfung mit dem Thema des Gruppenleiters ermöglichte es, seine Ressourcen zu nutzen und mit anderen Gruppenmitgliedern zu kooperieren, um auf diese Weise den Mangel an Forschungskapazitäten auszugleichen. Keiner der untersuchten Wissenschaftler war auf einer Vidi-Fellowship, die eine bessere Situation hinsichtlich der Forschungskapazitäten geschaffen hätte.

Schließlich hatten einige der untersuchten Wissenschaftler universitäre Stellen inne. Zwei deutsche Biologen waren als Assistenten, drei weitere als Juniorprofessoren bzw. Juniorgruppenleiter angestellt. Einer der Assistenten konnte eine neue, unabhängige Forschungslinie beginnen. Er hatte diese Stelle sehr sorgfältig ausgesucht, um sicher zu stellen, dass seine eigenen Forschungsinteressen und die des Professors eng verknüpft waren. Das war sehr wichtig, da er bezogen auf universitäre Ressourcen (Geräte, Zugang zu Forschungspersonal und technische Unterstützung) vollkommen vom Professor abhängig war. Über angeworbene Drittmittel konnte er seine Forschungskapazitäten erweitern. Die Situation des zweiten Assistenten war ähnlich. Juniorprofessoren und Juniorgruppenleiter waren hinsichtlich der thematischen Breite und der Forschungskapazitäten in einer etwas besseren Position. Sie konnten als unabhängige Gruppen mit eigenen Labors forschen und erhielten Anschubfinanzierungen und mitunter Personal (einen Doktoranden, technische Unterstützung). Da diese Mittel nicht ausreichend waren, bewarben sich alle um Drittmittel und waren erfolgreich. Zwei warben große Projekte für einen Zeitraum von fünf Jahren ein, die sie für den Beginn einer zweiten Forschungslinie nutzen konnten.

In den Niederlanden begannen vier Wissenschaftler auf UD-Stellen neue Forschungslinien. Diese Stellen waren nur mit geringen Forschungskapazitäten ausgestattet. Nur in einem Fall erhielt der Biologe beim Antritt der Stelle eine erhebliche Anschubfinanzierung, mit der er sein Labor ausstatten konnte, um mit zwei Doktoranden neue Forschungen zu initiieren. Diese mit universitären Mitteln produzierten Vorarbeiten halfen dabei, Drittmittel zu sichern. In den anderen beiden Fällen waren die universitären Mittel so gering, dass sie den thematischen Wechsel erheblich verlangsamten bzw. die neue Forschungslinie als prekär angesehen werden muss. Ein vierter Biologe hat eine neue Forschungslinie entwi-

ckelt, die jedoch eng mit der der des Professors verbunden war. Letzteres folgte einer Erwartung der Universität, die Kooperationen und gemeinsame Projektanträge wollte.

Australische Biologen auf Lecturer-Stellen waren hinsichtlich ihrer Forschungskapazität in einer ähnlichen Situation: sie hatten, wenn überhaupt, nur eine geringe universitäre Anschubfinanzierung. Zwei Lecturer hatten keine eigene neue Forschungslinie begonnen, sondern leisteten kooperative Beiträge zu den Forschungen anderer. Ein dritter Lecturer hat seine Forschungslinie nur marginal verändert und nutzte dafür neben seiner - geringen - universitären Anschubfinanzierung zusätzlich eingeworbene Drittmittel.

Tabelle 5 fasst die beobachteten Möglichkeiten für Molekularbiologen, neue Forschungslinien zu beginnen, zusammen.

Tabelle 5: Der Beginn neuer Forschungslinien in der Molekularbiologie

Stellentyp	Deutschland	Australien	Niederlande
Postdoc	Wahl eines thematischen Gebietes gemäß den Forschungsinteressen, innerhalb dieses Gebietes: begrenzte thematische Breite		
Karriere-Fellowship	Autonome Entscheidungen, ausreichende Forschungskapazität	Autonome Entscheidungen, limitiert durch geringe Forschungskapazitäten	Autonome Entscheidungen, limitiert durch geringe Forschungskapazitäten
Universitäre Anstellung (plus Drittmittel)	Autonome Entscheidungen, limitiert durch Forschungsinteressen anderer	Autonome Entscheidungen, limitiert durch geringe Forschungskapazitäten	Autonome Entscheidungen, limitiert durch Forschungsinteressen anderer

7. Der Beginn neuer Forschungslinien in der Geschichte

In der Geschichte sind die Ressourcenanforderungen der Forschung vergleichsweise gering. Die Forschung ist hochgradig individualisiert, d.h. die Forscher bearbeiten ihre Projekte allein, ohne zusätzliches Personal. Empirische Forschung erfordert den Aufenthalt in Archiven, was verglichen mit den experimentellen Anlagen der Naturwissenschaftler nur geringe Mittel erfordert (nur für die australischen Historiker, die auf Archive im Ausland angewiesen waren, war der Ressourcenbedarf höher). Die wichtigste Bedingung ist das Vorhandensein von kontinuierlicher Forschungszeit.³⁴

Die nationalen scientific communities unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Erwartungen an Themenwechsel. Im deutschen Chair-System wird von Historikern erwartet, dass sie sich von ihrem Promotionsthema vollkommen wegbewegen und Forschungen betreiben, die sich in den untersuchten Regionen und historischen Perioden von denen der Promotion unterscheiden. Dieser Wechsel wird erwartet, um eine Professur in Deutschland zu bekommen, denn vom Professoren wird erwartet, dass sie in der Lage sind, in der entsprechenden fachlichen Breite zu lehren. Die formale Voraussetzung für die Professur, die Habilitation, muss deshalb diesen thematischen Erwartungen entsprechen. Das bedeutet, dass deutsche Historiker durch die Erwartungen ihrer Fachgemeinschaft praktisch gezwungen werden, nach der Promotion eine neue Forschungslinie zu beginnen. Sie hatten aber häufig Mühe, diese Erwartungen zu erfüllen:

„Und es fallen mir dann viele Themen zum Beispiel zu England ein, die ich gerne machen würde, aber das geht dann aus dem Grunde nicht, dass die Dissertation schon zu England war.“
(Deutsche Historikerin)

In den beiden Tenure-Systemen, Australien und Niederlande, gab es keinen solchen Zwang zum Beginn neuer Forschungslinien.

Die akademischen Karrieren in der Geschichte unterliegen gegenwärtig einem Wandel, weil immer mehr Wissenschaftler nach der Promotion eine postdoc-Phase durchlaufen. Allerdings sind im Unterschied zur Molekularbiologie Postdocs kein funktionales Erfordernis, da sie keine an die Promotion anschließenden Lernprozesse tragen. Von Historikern wird erwartet, dass sie ihre Forschungsziele schon für ihre Doktorarbeit selbst formulieren. Auch das Erlernen von Methoden schließt mit der Promotion ab.

Obwohl Postdoc-Phasen kein notwendiger Bestandteil der Historiker-Karriere sind, waren sie im niederländischen System häufig und im deutschen System zunehmend zu finden. Postdocs wurden in Projekten angestellt, die thematisch zumindest in Umrissen vom Projektleiter definiert waren. Das ist eine eher ungewöhnliche Situation, nachdem die Doktorarbeit bereits ein selbst formuliertes Thema hatte. Die Historiker waren aber nicht unbedingt unzufrieden auf solchen Postdoc-Stellen, da sie – ganz wie ihre Kollegen in der Molekularbiologie – die Projektstelle häufig ihren Interessen entsprechend gewählt hatten. In jedem

34 Gläser, J. / Lange, S. / Laudel, G. / Schimank, U., The Limits of Universality: How field-specific epistemic conditions affect Authority Relations and their Consequences. - In: Reconfiguring Knowledge Production: Changing authority relationships in the sciences and their consequences for intellectual innovation. Hrsg. v. R. Whitley and J. Gläser. Oxford: Oxford University Press 2010, S. 291-324 (314-315).

Fall bedeutete aber die Arbeit auf einer Postdoc-Stelle, Forschung zu betreiben, deren thematische Breite – ebenfalls wie in der Molekularbiologie – durch das Projekt limitiert war. Dazu kommt, dass Postdoc-Stellen in der Geschichte nicht so reichlich vorhanden sind wie in der Molekularbiologie. Deshalb mussten einige Historiker, die eine Stelle brauchten, hinsichtlich des Themas kompromissbereit sein. Die Ausgestaltung des Themas konnte zwischen Projektleiter und Postdoc verhandelt werden, wie das folgende Beispiel zeigt:

„And also I knew that I could draw the research myself, fill it in the way I wanted. Of course it had to be structured within the context of the problem of cultural [...], but within that context I felt fairly free to do whatever I want to do.“ (Niederländische Historikerin)

Obwohl thematische Veränderungen möglich waren und Projektmittel flexibel genutzt werden konnten, war der geschützte Raum, der durch den Projektleiter gewährt wurde, nie so groß, dass man auf einer Postdoc-Stelle ein völlig anderes Thema beginnen konnte.

„The topic did appeal to me. As I worked on [...] for my PhD project and the current project was on [...], I could see a connection, I could understand why they here might see why I would be good to pursue this project. But it is completely different because here was a project that was already there. [...] This was for me very different, I couldn't come up with it myself and think about it. This was a sort of existing project I have to step in.“

(Niederländische Historikerin)

Die thematischen Veränderungen hinsichtlich Gegenstand, Vorgehensweise, Raum und untersuchten Zeitraum unterschieden sich häufig von der Doktorarbeit. Allerdings gab es auch Beharrungstendenzen, wenn jemand aufgrund seiner während der Doktorarbeit erworbenene Expertise eingestellt wurde:

„Ja gut, das Projektthema ist ja relativ einfach .. ich bin ja quasi rekrutiert worden, eben wegen der Dissertation, da ist jemand, der hat frisch dazu gearbeitet.“ (Deutscher Historiker)

Dieser Wissenschaftler hatte zwar eines seiner Probleme gelöst und die benötigte Stelle erhalten, konnte aber die Erwartung der Fachgemeinschaft, nach der Promotion eine neue Forschungslinie zu beginnen, auf dieser Stelle nicht erfüllen. Er löste dieses Problem dadurch, dass er seine Postdoc-Stelle nur als Teilzeit-Beschäftigung wahrnahm und in der verbleibenden Zeit an einem völlig anderen Thema für seine Habilitation arbeitete. Obwohl Postdoc-Stellen als reine Forschungsstellen viel kontinuierliche Zeit bereit stellen, gehörte diese Zeit zur Forschungslinie

anderer. Die Forschungskapazitäten für den Beginn neuer eigen-ständiger Forschungslinien war auf solchen Stellen also eher gering.

Karriere-Fellowships waren für die Historiker in allen drei Systemen wichtig. In Deutschland hatten drei Historiker ein Feodor-Lynen Stipendium eingeworben, das ihre Assistentenzeit unterbrach. Auf diese Weise gewannen sie zwei Jahre kontinuierliche Forschungszeit und konnten den Zeithorizont der Assistentenzeit ausweiten. Für die Etablierung und Bearbeitung des neuen Themas spielten die Feodor-Lynen-Stipendien eine wichtige Rolle.

In den Niederlanden hatten zwei Historiker ihre eigene Stelle durch eine Veni-Fellowship finanziert. Diese dreijährige Fellowship verschaffte den Historikern genügend kontinuierliche Zeit, um eine Forschungs idee zu verfolgen. Die Mittel, die mit der Fellowship bereitgestellt wurden, waren zwar gering, aber für die Historiker – im Unterschied zu ihren Kollegen von der Molekularbiologie – ausreichend. Allerdings waren die Projektthemen häufig noch eng an das Promotionsthema angelehnt:

„And this is in fact what happened because my VENI work is going on on the subject, not exactly but it is still using the basis of my thesis...“
(Niederländischer Historiker)

Die zeitweilige Fortsetzung des Promotionsthemas ist in der Geschichte nicht ungewöhnlich. Nachdem das Buch zum Promotionsprojekt fertiggestellt ist, verfassen Historiker Artikel zum Promotionsthema und werden eingeladen, Buchkapitel zu schreiben. Wenn niederländische Historiker unmittelbar nach der Promotion eine Veni-Fellowship erhielten, dann war eine solche thematische Kontinuität kaum zu vermeiden. Das Gleiche geschah in Australien, als ein Historiker unmittelbar nach der Doktorarbeit eine Fellowship erhielt und das Themengebiet des PhD fortsetzte. Eine andere australische Forscherin dagegen hatte eine Fellowship zu einem späteren Zeitpunkt ihrer Karriere bekommen, und zwar nach einer befristeten Anstellung als Forschungs- und Lehrassistentin. Sie konnte mit der Fellowship eine neue Forschungslinie beginnen.

Universitäre Lehr- und Forschungsstellen spielten für deutsche Historiker eine wichtige Rolle, um den erwarteten thematischen Wechsel zu vollziehen. Die Forschungskapazitäten waren geringer und bezüglich ihrer verfügbaren Forschungszeit hingen Assistenten von ihrem Professor ab, der seine Assistenten mit administrativen und anderen Aufgaben betrauen konnte. Der Themenwechsel fand statt, allerdings mitunter mit erheblichen Verzögerungen. Die Forschungszeit wurde ausserdem durch die Erwartung reduziert, in Drittmittelverbänden kooperativ mitzuarbeiten.

„Also, dieses [...] Projekt ist ein drittmittelgetriebenes Projekt gewesen, für mich zumindest, wo mein Herz nicht dran gehangen hat. Aber idealerweise sollte es ja schon so sein, das man auch in den Feldern forscht, die einen tatsächlich interessieren.“ (Deutscher Historiker)

Drei niederländische Historiker hatten unbefristete UD-Stellen inne, als sie einen Themenwechsel planten. Alle drei hatten nur wenig Zeit für Forschung. Ähnlich wie in Deutschland sahen auch sie sich mit starken Erwartungen des Departments konfrontiert, kooperativ mit anderen Historikern des Departments zu arbeiten.

„At this moment and especially in the last couple of years this is much more restricted and directed by the university I am working in. I am now applying for research projects that are part of the larger research groups here. And they tie together research from the people from this department. In the next years my research will change probably again or will focus on those kinds of fields that are comparable to and can work within the research groups of this university. [...] If it is going to be successful, all these projects are going to start then I am going to have time problems and also .. for instance I was thinking about a project on my own, apply for a Vidi project, set up your own research project. I set the project up already. I have an idea what I want to do, but I don't have the time to develop it further.“ (Niederländische Historikerin)

Diese Historiker hatten keine Drittmittel, als sie ihre neuen Forschungslinien planten, und versuchten, ihre Forschungskapazitäten (Zeit für Forschung) durch das Einwerben von Vidi-Fellowships zu verbessern. Diese Versuche glückten allerdings aufgrund der geringen Bewilligungsrate nicht. Sie begannen zwar die neuen Forschungsthemen, kamen allerdings nur sehr langsam voran.

Australische Historiker auf Lecturer-Stellen hatten aufgrund ihrer hohen Lehrbelastung ebenfalls nur geringe Forschungskapazitäten. Sie bewarben sich alle um Drittmittel des ARC, um sich mit diesen Mitteln zeitweilig aus der Lehre freizukaufen. Die meisten Wissenschaftler verblieben nahe am Promotionsthema. Nur eine Historikerin plante eine größere thematische Veränderung. Sie konnte diese Veränderung aber nur sehr langsam und nur durch die Nutzung ihres Sabbaticals realisieren. Die Universität erwartete von ihr Publikationen und Drittmiteleinwerbungen, weil die staatliche Finanzierung der Universität von solchen Kennziffern abhing. Das Department versuchte auch, thematisch Einfluss zu nehmen:

„A: They [the department] would say don't do this diffuse intellectual history, concentrate on one person for example and had their archive microfilmed and write an intellectual biography of this person, stop, end of story that kind of thing.

F: But you ignored them?

A: Yes.“

(Australische Historikerin)

Dieser "Ungehorsam" könnte die Beförderung zum Senior Lecturer hinausschieben. Die unbefristete Stelle stellte aber einen hinreichend großen geschützten Raum bereit, in dem die Historikerin Erwartungen ihres Departments ignorieren und autonom ihre selbst gewählte neue Forschungslinie verfolgen konnte. Tabelle 6 fasst die beobachteten Möglichkeiten für Historiker, neue Forschungslinien zu beginnen, zusammen.

Tabelle 6: Der Beginn neuer Forschungslinien in der Geschichte

Stellentyp	Deutschland	Australien	Niederlande
Postdoc	Wahl eines thematischen Gebietes gemäß den Forschungsinteressen, innerhalb dieses Gebietes: begrenzte thematische Breite	(nicht beobachtet)	Wahl eines thematischen Gebietes gemäß den Forschungsinteressen, innerhalb dieses Gebietes: begrenzte thematische Breite
Karriere-Fellowship	Formal ausreichend geschützter Raum, unbegrenzte Themenwahl,	Autonome Entscheidungen, limitiert durch geringe Forschungskapazitäten	Autonome Entscheidungen, limitiert durch geringe Forschungskapazitäten
Universitäre Anstellung (plus Drittmittel)	Autonome Entscheidungen, limitiert durch Forschungsinteressen anderer	Autonome Entscheidungen, limitiert durch geringe Forschungskapazitäten	Autonome Entscheidungen, limitiert durch Forschungsinteressen anderer

8. Schlussfolgerungen

Diese vergleichende Analyse von nationalen Karrieresystemen diente dazu herauszufinden, inwiefern die Systeme den Beginn neuer Forschungslinien unterstützen oder behindern. In der Lage zu sein, etwas Neues zu beginnen ist und darüber autonom entscheiden zu können ist ausserordentlich wichtig für intellektuelle Innovationen. Die frühe Karrierephase ist in dieser Hinsicht besonders interessant, weil in dieser Phase thematische Veränderungen vonstatten gehen (von abhängiger zu unabhängiger Forschung), die häufig Forschungslinien für eine längere Zeit festschreiben. Gleichzeitig ist der Community-Status eines Nachwuchswissenschaftlers noch so niedrig, dass thematische Wechsel schwieriger sind als für etablierte Wissenschaftler mit Kollegen- oder höherem Status.

Vier Kausalmechanismen, die zwischen Karrieremuster und dem Beginn neuer Forschungslinien vermitteln, konnten identifiziert werden:

- a) Suche einer abhängigen Beschäftigung, die den Interessen des Wissenschaftlers entspricht, d.h. Suche eines geschützten Raumes mit begrenzter thematische Breite,
- b) Einwerben einer unabhängigen Karriere-Fellowship, die einen in der thematischen Breite ausreichenden geschützten Raum gewährt,
- c) Anpassung der Problemwahl an thematische Limitierungen, die durch den geschützten Raum gesetzt werden und
- d) Treffen autonomer Entscheidung in einem geschützten Raum, dessen Forschungskapazitäten und Zeithorizont durch Regeln der Drittmittelfinanzierung begrenzt sind.

Der erste Mechanismus trat in beiden Disziplinen in Postdoc-Beschäftigungsverhältnissen auf. Der durch Postdoc-Stellen gebotene geschützte Raum ist in der Geschichte seltener, weil es weniger Postdoc-Stellen gibt. Entsprechend häufiger treten thematische Kompromisse auf, die die Postdocs eingehen müssen, um überhaupt eine Stelle zu finden. Einmal als Postdoc eingestellt, folgt der Wissenschaftler der Forschungslinie des Gruppenleiters, d.h. der geschützte Raum war nicht ausreichend, um eigene neue Forschungslinien zu beginnen. Postdocs spielten in allen drei Ländern in der Molekularbiologie eine wesentliche Rolle. In der Geschichte waren Postdoc-Stellen in den Niederlanden etabliert (allerdings nicht überreichlich), spielten in Deutschland eine wachsende Rolle und waren in Australien relativ selten.

Das Einwerben einer unabhängigen Fellowship war ebenfalls ein Mechanismus, der in allen Ländern und in beiden Disziplinen gefunden werden konnte. Die Zugänglichkeit dieses geschützten Raumes hing stark vom jeweiligen Forschungsförderungssystem ab. In den Niederlanden waren die Forschungskapazitäten in der Molekularbiologie unzureichend, und die Bewilligungschancen sanken mit Fortschreiten in der Karriere. In Australien waren die Forschungskapazitäten für Fellowships in der Molekularbiologie ebenfalls gering; in der Geschichte spielten Fellowships kaum eine Rolle.

Die Anpassung der Problemwahl an thematische Limitierungen trat in den beiden Karrieresystemen mit starken formalen Abhängigkeiten der Nachwuchswissenschaftler, d.h. in Deutschland und den Niederlanden, auf. Die Möglichkeiten eines Wissenschaftlers, etwas Neues zu beginnen, wurden limitiert durch die Erwartung zu kooperieren bzw. Forschungen in einem vorgegebenen Gebiet zu wählen. Erhebliche Anschubfinanzierungen für die potentielle Elite hat den geschützten Raum für diese beträchtlich erweitert.

Autonome Entscheidungen wurden durch Drittmittelabhängigkeiten limitiert. Dieser Mechanismus trat in der niederländischen und australischen Mole-

kularbiologie auf, wo Drittmittel für autonome Forschung schwer erhältlich waren.

Die schlechte finanzielle Ausstattung der Universitäten in allen drei Ländern trägt zur Abhängigkeit der Nachwuchswissenschaftler von etablierten Wissenschaftlern bei und begrenzt damit die thematische Breite der geschützten Räume. Die Bereitstellung von Forschungskapazität wird häufig dem Drittmittelsystem überlassen. Deshalb ist der Reichtum der Drittmittellandschaft ein wichtiger den Beginn neuer Forschungslinien beeinflussender Faktor.

Karriere-Fellowships sind eine Alternative zur universitären Beschäftigung. Allerdings gilt das eher in der frühen Karrierephase. Danach sinken die Möglichkeiten drastisch. Die Mehrzahl von Nachwuchswissenschaftlern hat Beschränkungen ihres geschützten Raumes erfahren. In der Molekularbiologie sind diese Beschränkungen implizit durch eine erweiterte Lernphase gerechtfertigt. Postdoc-Beschäftigungsverhältnisse gehen jedoch häufig über diese Lernphase hinaus. Wegen der Knappheit von Universitätsstellen wird die Postdoc-Phase auch zur „Warteschleife“ und verzögert so den Wechsel von abhängiger zu unabhängiger Forschung und den Start neuer Forschungslinien. In der Geschichte scheint die Postdoc-Phase keine Lernphase zu sein. Die Begrenzungen des geschützten Raumes existieren aber auch hier.

Trotz ihrer unterschiedlichen Strukturen scheint es in allen drei Karriersystemen funktionale Äquivalente zu geben, die die Möglichkeiten von Wissenschaftlern, neue Forschungslinien zu beginnen, einschränken. Nur eine kleine Gruppe der potentiellen Elite verfügt über ausreichende geschützte Räume, um ohne Verzögerung neue Forschungslinien starten zu können.

Danksagung: Ich danke Jochen Gläser für Vorschläge und kritische Kommentare zu einer früheren Version dieses Artikels.

Forschungserfolge und ihre Voraussetzungen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft

Wir wollen im Folgenden einige Grundzüge der Strukturen, der Forschungsstrategien und wissenschaftspolitischen Zielsetzungen der Max-Planck-Gesellschaft unter dem Aspekt betrachten, wie die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft (KWG/MPG) ihre Forschungserfolge in der Vergangenheit erreicht hat und in Zukunft weiterhin sichern will.¹ Um zu tragfähigen Aussagen über die künftige Wissenschaftspolitik der Max-Planck-Gesellschaft zu kommen, kann ein Blick in ihre Vergangenheit durchaus hilfreich sein. Wie fand die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft bisher ihre Themen, wo wurden Durchbrüche erreicht, was waren die ausschlaggebenden Trends? Welche Erfolge wurden erzielt, was waren die historischen Voraussetzungen? So einfach diese Fragen auf den ersten Blick erscheinen, so schwierig lassen sie sich beantworten, will man nicht in die Fallen der üblichen Evaluationsverfahren geraten.

Anlass für diese Überlegungen war das 100-jährige Jubiläum der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft im Januar 2011, das vor allem zu einigen wissenschaftshistorischen Betrachtungen den Anstoß gab. Wir mussten dabei – nicht ganz überraschend – feststellen, dass die Geschichte der KWG bisher immerhin halbwegs, die Geschichte der MPG dagegen so gut wie gar nicht aufgearbeitet worden sind. Die Lücken sind teilweise enorm, sodass es durchaus Schwierigkeiten macht, auf begründeter wissenschaftshistorischer Grundlage zu verallgemeinernden Aussagen zu gelangen.² Allerdings wollen wir uns hier nicht mit diesen Lücken aufhalten, sondern einige Überlegungen auf Grund bisher vorhandener

- 1 Frühere Fassungen dieses Aufsatzes sind erschienen als: Renn, Jürgen und Horst Kant: Erfolge abseits des Mainstreams. *MaxPlanckForschung* H.3/2007, S.14-18. – Renn, Jürgen und Horst Kant: Forschungserfolge. In: Denkorte. Max-Planck-Gesellschaft und Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Brüche und Kontinuitäten 1911-2011. Hrsg. von Peter Gruss & Reinhard Rürup. Sandstein Verlag Dresden 2010, S. 70-78 + 363.
- 2 Als grundlegende Darstellungen zur Geschichte der Gesellschaft gelten bisher: Vierhaus, Rudolf und Bernhard vom Brocke (Hrsg.): *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft*. Stuttgart 1990. - vom Brocke, Bernhard und Hubert Laitko: *Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Das Harnack-Prinzip*. Berlin 1996

Untersuchungen zusammenstellen. Zudem besteht die begründete Hoffnung, dass die Anregungen des Jubiläumsjahres Anstoß für ein größeres Projekt zur Ausarbeitung einer Geschichte der MPG und dann vielleicht auch einer Gesamtgeschichte der KWG/MPG gegeben haben. Dann kann dieser Beitrag zugleich Hinweise auf Fragestellungen geben, die forschungsleitend für ein solches Projekt sein könnten.

Im Rahmen dieses Beitrages können wir Beispiele nur antippen.³ Nachfolgende Darstellung wurde an Fragen orientiert, die in Form von Thesen beantwortet werden sollen. Manche Beispiele werden dabei mehrfach und unter durchaus unterschiedlichen Gesichtspunkten auftauchen – manche der genannten Beispiele kennen wir besser, andere weniger gut; die Auswahl ist also nicht zugleich eine Wertung. Und naturgemäß werden wir hier kaum Negativbeispiele ansprechen, obwohl auch in Fällen, in denen etwas nicht so funktioniert hat, wie ursprünglich gedacht, eine genauere Ursachenanalyse sinnvoll wäre, wenn man auf Erfolge orientiert.

1. Wie entwickelt sich das wissenschaftliche Wissen und welche Rolle kann eine Forschungsorganisation wie die MPG dabei spielen?

Fortschritt ist bekanntermaßen kein ausschließlich additiver Prozess, sondern mit der Umstrukturierung von Wissenssystemen verbunden. Ein Beispiel dafür ist die Entstehung der modernen Quanten- und Relativitätsphysik mit ihren nicht-klassischen Begriffen von Raum, Zeit und Materie.

Innovationen sind oft nicht das Resultat von spontanen Paradigmenwechseln, wie Thomas S. Kuhn (1922-1996) behauptet hat,⁴ sondern das Ergebnis einer langfristigen, konfliktreichen Zusammenführung heterogener Wissensbestände, von denen einige in der Regel gesellschaftlichen Herausforderungen entspringen. Die Entstehung der Quantentheorie beispielsweise beruht auf der Integration physikalischen und chemischen Wissens; ohne die elektrotechnische Industrie hätte das Problem der schwarzen Strahlung, der Ausgangspunkt der Quantentheorie, in den 1890er Jahren wahrscheinlich keine solche zentrale Rolle in der Forschung erhalten.⁵

3 Auf ausführlichere Literaturverweise wird deshalb weitgehend verzichtet.

4 Kuhn, Thomas S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 1967.

5 Vgl. unter anderen Kangro, Hans: Vorgeschichte des Planckschen Strahlungsgesetzes. Wiesbaden 1970. - Hoffmann, Dieter: On the Experimental Context of Planck's Foundation of Quantum Physics. In: Revisiting the Quantum Discontinuity. Preprint 150 des MPI für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 2000, S.47-68.

Die Identifikation und Lösung der produktiven inneren Konflikte von Wissenssystemen verlangt im Allgemeinen eine andere Perspektive als die, die zu ihrer Erzeugung führte. Eine solche Perspektive entsteht zudem eher an der Peripherie als im Zentrum des Mainstreams. So war am 1912 gegründeten KWI für Chemie die Radioaktivität zunächst nur der Forschungsgegenstand einer kleinen Abteilung unter der Leitung von Otto Hahn (1879-1968), während spezifische Fragen der organischen und anorganischen Chemie – gemäß der Namensgebung – in den großen Abteilungen des Instituts bearbeitet wurden. Im Laufe der 1920er Jahre wurde die radioaktive Forschung jedoch zum Hauptschwerpunkt des Instituts und deren beide Abteilungsleiter Otto Hahn und Lise Meitner (1878-1968) gehörten weltweit zu den führenden Forschern auf diesem Gebiet. Dennoch zeichnete sich eine breite gesellschaftliche Nutzung dieser Erkenntnisse noch längst nicht ab, lediglich einige spezifische Methoden zeigten erste Erfolge, zum Beispiel die radioaktive geologische Altersbestimmung.⁶

Der langfristige, heterogene und diskontinuierliche Charakter des wissenschaftlichen Fortschritts stellt besondere Anforderungen an die Organisation von Forschungen, die in einem Spannungsverhältnis zur unbestreitbar notwendigen Fortschreibung des Mainstreams stehen. Der Erfolg der KWG/MPG in der Vergangenheit beruhte unter anderem darauf, dieser Herausforderung besser als andere Forschungsorganisationen entsprochen zu haben.

Zu solchen Erfolgen gehört die Entdeckung der Urankernspaltung (am KWI für Chemie im Dezember 1938): untersucht wurde eigentlich das Entstehen von Transuranen, die Kernspaltung selbst wie auch die Energiegewinnung aus Kernspaltung standen außerhalb damaliger Betrachtung. Hahn erhielt dafür sieben Jahre später den Nobelpreis.

Ähnlich ist die Entdeckung der metallorganischen Mischkatalysatoren für die Polymerisation von Olefinen am MPI für Kohlenforschung einzuordnen, die um 1953 zur Entwicklung des Niederdruckpolyethylen-Verfahrens durch Karl Ziegler (1898-1973) und Erhard Holzkamp führte (wofür Ziegler 1963 den Nobelpreis für Chemie erhielt) – heute zählt Polyethylen auf dieser Herstellungsbasis zu den Massen-Kunststoffen. Bis zu Zieglers Eintritt ins Institut waren Kohlechemie und Synthesen mit Kohlenmonoxid der Schwerpunkt, jetzt wurde es die metallorganische Chemie.⁷

6 Vgl. u.a.: Kant, Horst: Vom KWI für Chemie zum KWI für Radioaktivität: Die Abteilung(en) Hahn/Meitner am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. In: Dahlemer Archivgespräche Heft 8, Berlin 2002, S.57-92.

7 Vgl. u.a. Haenel, Matthias W.: Karl Ziegler. (= Historische Stätten der Chemie) Gesellschaft Deutscher Chemiker / MPI für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr 2009.

Die naturgemäße Aufgabe der MPG besteht darin, Katalysator solcher Umstrukturierungen von Wissenssystemen zu sein.

Man sollte an dieser Stelle allerdings festhalten, dass manche der hier dargestellten Strategien sich natürlicherweise erst im Nachhinein – wenn sie zum Erfolg geführt haben – als solche herausstellten und nicht von vornherein so gedacht oder vorgegeben waren, obgleich entsprechende Überlegungen bei den Verantwortlichen sicher im Hintergrund immer mitgespielt haben. Dabei muss man auch konstatieren, dass sich die KWG zumindest in den ersten 20 Jahren ihrer Existenz in vielen Bereichen auch sporadisch und spontan entwickelte, in Abhängigkeit von bereitgestellten Mitteln und sich ergebenden Möglichkeiten. Das begann bereits in der Gründungsphase. So entstand lediglich das KWI für Chemie aus längerfristigen Überlegungen, die im Zusammenhang mit einer Chemischen Reichsanstalt nach dem Vorbild der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt standen. Das KWI für Physikalische Chemie und Elektrochemie, das dann letztlich sogar noch vor dem Chemieinstitut gegründet wurde, entstand, weil der Bankier Leopold Koppel (1854-1933), durchaus ein maßgeblicher Förderer der KWG, unbedingt Fritz Haber (1868-1934) – der seit einigen Jahren als Berater der Auergesellschaft wirkte, deren Aufsichtsratsvorsitzender Koppel war – ein Institut verschaffen wollte. Eröffnet wurden dann übrigens beide Institute am gleichen Tag, am 23. Oktober 1912.⁸ Und zu ihrem ersten geisteswissenschaftlichen Institut – der Bibliotheca Hertziana in Rom – kam die KWG schon im Sommer 1912 durch ein geschickt eingefädelt Vermächtnis der Henriette Hertz (1846-1913) – eröffnet am 1. Januar 1913. Und – kaum bekannt – das erste tatsächlich arbeitende Institut der KWG war ein weiteres Auslandsinstitut, nämlich die 1891 gegründete Zoologische Station Rovigno in Istrien, die bereits am 1. Oktober 1911 übernommen wurde, also noch vor der formalen Gründung der Chemie-Institute.⁹ Die verschiedensten politischen und finanziellen Umstände verhinderten eigentlich bis in die 1960er Jahre eine gezielte Wissenschafts- respektive Forschungspolitik der KWG bzw. MPG als Gesamtkörperschaft. Zu Beginn und bis in die 1920er Jahre wurden vor allem „Gelegenheiten beim Schopfe gepackt“. Al-

8 Vgl. u.a. James, Jeremiah und Thomas Steinhauser, Dieter Hoffmann, Bretislav Friedrich: Hundert Jahre an der Schnittstelle von Chemie und Physik. Das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft zwischen 1911 und 2011. Berlin 2011. – Kant, Horst und Carsten Reinhardt (Hrsg.): 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie (Otto Hahn-Institut). Facetten seiner Geschichte. (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Bd.22) Berlin 2012.

9 Zu einzelnen Daten vgl. vor allem: Chronik der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911-2011. Daten und Quellen. Von Eckart Henning und Marion Kazemi (= 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Teil 1; im Auftrage des Präsidenten Peter Gruss bearbeitet im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft). Berlin 2011.

lerdings pflegte man dabei seitens der KWG-Leitung auch gezielt gewisse Netzwerke und brachte durchaus eigene Überlegungen ein. So unterschied bereits der erste Generalsekretär der KWG Friedrich Glum (1891-1974) zwischen Forschungsinstituten, die mehr der Ergänzung der theoretischen Wissenschaften dienen (also "Grundlagenforschung") und solchen, die die Methoden der theoretischen Wissenschaften auf die angewandten Wissenschaften übertragen und damit zugleich indirekt der Wirtschaft dienen sollen.¹⁰

Erst die 1964 unter MPG-Präsident Adolf Butenandt (1903-1995) erfolgte Neufassung der Satzung von 1948 sprach dem Präsidenten eine wissenschaftspolitische Führungskompetenz zu. Und seitdem spielen wissenschaftstrategische Überlegungen in der MPG tatsächlich eine größere Rolle.

Nachfolgende Verfahrensregelungen bezüglich der Nachfolgeberufungen für Abteilungsdirektoren (dabei sei grundsätzlich die Frage der Fortführung oder Schließung von Abteilungen zu prüfen) oder bei der Besetzung von Evaluierungskommissionen (keine Institutsmitglieder) ermöglichten der MPG stärker als bisher, wissenschaftsstrategischen Konzeptionen zu folgen. Gestärkt wurden diese Möglichkeiten dann 1964 auch durch eine grundsätzliche Finanzierungsregelung durch Bund und Länder – allerdings resultierte aus der Wirtschaftskrise seit Mitte der 1960er Jahre auch gleich eine Stagnation in den Ausbaumöglichkeiten der MPG.

2. *Worin bestanden die Erfolge der KWG/MPG, was waren die angelegten Erfolgskriterien, und worauf stützen sich Erfolgsprognosen?*

Nach dem traditionellen Wissenschaftsbild ist wissenschaftlicher Fortschritt ein stetiges Wachstum in festen Grenzen mit gelegentlichen Ausnahmen. Daraus leiten sich zwei Erfolgstypen ab, die durch traditionelle Erfolgskriterien erfasst werden:

- – der partizipatorische Erfolg, also die erfolgreiche Teilnahme am Mainstream, fassbar durch den Impactfaktor;
- – der überragende Einzelerfolg, oftmals mit einer Neuorientierung verbunden, der allerdings häufig erst dann Anerkennung findet – zum Bei-

10 Glum, Friedrich: Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Ihre Forschungsaufgaben, ihre Institute und ihre Organisation. In: Forschungsinstitute. Ihre Geschichte, Organisation und Ziele. Bd.1, Hrsg. von Ludolph Bauer u.a., Hamburg 1930, S.359-373 (speziell S.361-365).

spiel durch den Nobelpreis – , wenn die Neuorientierung bereits zum Mainstream geworden ist. Eklatantes Beispiel für Letzteres ist die Nobelpreisverleihung an Ernst Ruska (1906-1988) für die Entwicklung des Elektronenmikroskops 55 Jahre später.¹¹ Rudolf Mößbauer (1929-2011) dagegen entdeckte den nach ihm benannten Effekt der Kernresonanzabsorption 1958 und bekam dafür den Physik-Nobelpreis im Jahre 1961 – das wäre eine vertretbare Zeit. Aber in der Regel liegen doch mehr als 10 Jahre zwischen Entdeckung und Auszeichnung, also ein zu langer Zeitraum, um entsprechende Umstrukturierungen darauf aufzubauen.

Bedenkt man dagegen die Schlüsselrolle von Umstrukturierungen von Wissenschaftssystemen für den wissenschaftlichen Fortschritt, dann genügen diese Erfolgskriterien nicht, weil sie letztlich beide auf den Mainstream bezogen sind. Von den berühmten Arbeiten Albert Einsteins (1879-1955) aus den Jahren 1905 und 1906 hat seine wenig bekannte Dissertation über gelöste Zuckermoleküle den größten Impact im Sinne der meisten Zitierungen, weil sie dem Mainstream am nächsten stand, hatte aber mit seinen bahnbrechenden Arbeiten praktisch nichts zu tun.

Beide Kriterien taugen jedenfalls nicht als Instrumente der Forschungsprognose, denn der Impactfaktor kommt als Indikator von Neuorientierung meistens zu früh und der Nobelpreis oft zu spät. Und die folgenden Beispiele belegen letztlich, dass die KWG/MPG ihre Entscheidungen nicht vom Nobelpreis abhängig machte, auch wenn sie in der Öffentlichkeit natürlich immer wieder stolz auf ihn Bezug nimmt: Richard Willstätter (1872-1942) beispielsweise erhielt den Nobelpreis 1915, nachdem er ans KWI gekommen war, aber für Arbeiten, die im wesentlichen vorher entstanden waren (aber immerhin in zeitlicher Nähe – doch er verließ bereits Anfang 1916 das KWI); Otto Warburg (1883-1970) erhielt den Nobelpreis 1931, kurz nachdem er zum Direktor eines eigenen KW-Instituts berufen worden war (er hatte allerdings seine betreffenden Forschungen zuvor am KWI für Biologie durchgeführt). Werner Heisenberg (1901-1976) wurde hingegen erst zehn Jahre nach seinem Nobelpreis Direktor am KWI für Physik (und hat seine mit dem Preis ausgezeichneten Forschungen vorher in Kopenhagen und Leipzig ausgeführt).

Dennoch ist es der MPG in der Vergangenheit immer wieder gelungen, über Berufungen auch strukturelle Erfolge zu erzielen. Entsprechende Prognosen, soweit überhaupt vorhanden, stützten sich offenbar auf Urteile über die richtige Person zur richtigen Zeit am richtigen Ort. Max Planck (1858-1947), Fritz Ha-

11 1931 gelang Ruska gemeinsam mit Max Knoll (1897-1969) die Realisierung des technischen Grundprinzips des Elektronenmikroskops, dafür erhielt er 1986 den Nobelpreis für Physik.

ber und Walther Nernst (1864-1941) "entdeckten" um 1913 Albert Einstein für das zu gründende KWI für Physik – allerdings forschte er dann nicht, wie ursprünglich intendiert, zur Quantentheorie, sondern zur Allgemeinen Relativitätstheorie.¹² Emil Fischer (1852-1919) "entdeckte" Richard Willstätter und Otto Hahn für das KWI für Chemie: Hahn hatte er an seinem organischen Universitätsinstitut bereits 1907 eine Stelle für die noch junge und unter organischen Chemikern wenig akzeptierte Radioaktivitätsforschung eingeräumt und 1912 sorgte er dafür, dass Hahn eine eigenständige Abteilung am KWI für Chemie erhielt; Willstätter hatte er „überredet“, von Zürich nach Berlin zu wechseln, um über das zukunftssträchtige Gebiet der Pflanzenfarbstoffe zu forschen. Otto Hahn seinerseits konnte als MPG-Präsident Wolfgang Gentner (1906-1980) als geeigneten Nachfolger für Walther Bothe (1891-1957) „durchsetzen“, indem er ihm ein neues, vom MPI für medizinische Forschung unabhängiges MPI für Kernphysik zusagte. Und die "richtige Person" muss nicht immer die "erste Wahl" sein: als Rudolf Mößbauer (1929-2011), Nobelpreisträger von 1961, und andere den Ruf ans MPI für Chemie als Nachfolger von Josef Mattauch (1895-1976) ablehnten, gewann die MPG 1968 Christian Junge (1912-1996) – er gründete die neue Abteilung "Chemie der Atmosphäre" und gab dem Institut mit dieser Forschungsrichtung eine zukunftssträchtige Perspektive; sein Nachfolger auf diesem Gebiet Paul Crutzen (*1933) bekam 1995 einen Nobelpreis.

Solche Urteile und erst recht ihre Folgen waren naturgemäß in hohem Grade kontingent, aber waren sie wirklich nur das?

3. *Welches waren die Mechanismen, die der MPG strukturelle Erfolge möglich gemacht haben?*

Die besondere Form der institutionellen Forschungsförderung in der MPG wird in hohem Maße dem langfristigen, heterogenen und diskontinuierlichen Charakter des wissenschaftlichen Fortschritts gerecht, wie er zuvor beschrieben wurde. Dazu gehören:

– Die *Subsidiarität zur Universitätsforschung*, also Forschung abseits des Mainstreams. Die Subsidiarität bezieht sich auf eine Erweiterung der Perspektive gegenüber dem Mainstream, etwa mit Blick auf langfristig wirksame Forschungsstrategien, die sich Universitätsforschung nicht immer leisten kann:

Die führende Rolle, die die MPG heute in der Gravitationswellenforschung spielt, rührt daher, dass sie auf dieses Pferd gesetzt hat, als es in den achtziger Jah-

12 Vgl. u.a. Goenner, Hubert: Einstein in Berlin. München 2005.

ren anderswo keine Mittel dafür gab. Eigentlich fängt diese Richtung bereits mit Albert Einstein in der KWG an.

Die führende Rolle, die die MPG im Bereich der vergleichenden Erforschung des ausländischen öffentlichen und privaten Rechts hat, geht zurück auf Entscheidungen, die in den zwanziger Jahren nach dem Subsidiaritätsprinzip gefallen sind. Dabei verdankte beispielsweise das KWI für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht 1924 seine Entstehung nicht zuletzt dem Bestreben, die völkerrechtlichen Folgen des Versailler Vertrages auszuloten.

Und auch die Finanzierung von Großprojekten oder kostspieligen Großgeräten spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle. Das MPI für Radioastronomie ist ein Beispiel für den Ausbau von Forschungseinrichtungen, die allein durch Universitäten finanziell nicht getragen werden können. Das seit den 1950er Jahren bestehende Astronomische Institut der Universität Bonn war allein nicht in der Lage, ein Projekt wie den notwendigen Bau eines 100-Meter-Radioteleskops zu realisieren. Durch Zusammenlegung bestehender Vorhaben (Gründung eines MPI und Ausbau des Universitätsinstituts) konnte 1966 das MPI für Radioastronomie unter Otto Hachenberg (1911-2001) seine Arbeit aufnehmen und zum 1. August 1972 ging das 100-Meter Radioteleskop Effelsberg in der Eifel in Betrieb, seinerzeit das größte bewegliche Radioteleskop der Welt.

– Ein weiterer Punkt ist die *Interdisziplinarität der Institute* oder besser: ihre Forschung in vielversprechenden Grenzgebieten, in denen die fruchtbaren Konflikte angesiedelt sind.

Beispielsweise verdanken sich das Verständnis des Sprachproduktionssystems und andere Durchbrüche der Psycholinguistik der interdisziplinären Kooperation am gleichnamigen MPI, dem es gelungen ist, dieses Fach international zu etablieren.

Das KWI für medizinische Forschung in Heidelberg wurde ursprünglich gegründet, um die medizinische Grundlagenforschung im Zusammenwirken mit den naturwissenschaftlichen Disziplinen Physik und Chemie zu entwickeln. Unvorhergesehene Entwicklungen wie der frühzeitige Tod des ersten Direktors des Physikinstituts, der die medizinische Physik explizit vertreten hatte sowie die politischen Umstände nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten führten jedoch dazu, dass sich die verbleibenden Institut im Institutverband relativ selbständig und unabhängig voneinander entwickelten. Wenn das also eher ein zeitbedingtes Negativbeispiel war, so war man doch im Prinzip von dem Konzept überzeugt und beispielsweise entstand das medizinische Forschungsinstitut der Reichsuniversität Straßburg 1942 nach dem gleichen Konzept, konnte allerdings während der Kriegszeit auch nicht wirksam werden.¹³

– Weiterhin das *Harnack-Prinzip*, hier verstanden als die Möglichkeit, neue wissenschaftliche Perspektiven auch in der Forschungsorganisation langfristig wirksam werden zu lassen. So nahm Planck als KWG-Präsident 1934 mit der Berufung Walther Bothes eine Umorientierung des Physikinstituts am KWI für medizinische Forschung von der medizinischen Physik zur Kernphysik „in Kauf“, um dieses zukunftssträchtige neue Forschungsgebiet auch an der KWG zu etablieren. Die Strukturaufklärung der Ribosome durch Heinz-Günter Wittmann (1927-1990) und seine Mitarbeiter am MPI für Molekulare Genetik haben rund 40 Jahre in Anspruch genommen, ohne dass Anfangserfolge garantiert gewesen wären.

Aber diese Prinzipien reichen aus historischer Sicht dennoch nicht aus, den Erfolg zu sichern. So ist Forschung abseits des Mainstreams nicht in jeder wissenschaftshistorischen Situation vielversprechend. Beispielsweise wurde Plancks Erwägung von 1932, ein KWI zur Wünschelruten-Erdstrahlenforschung zu gründen, nicht weiter verfolgt (wobei es Planck eher darum ging, diese Phänomene naturwissenschaftlich aufzuklären als irgendwelche Scharlatanerie zu betreiben).

Forschung in Grenzgebieten setzt eine Kohärenz der interdisziplinären Arbeit voraus, die zwar in den Planungen vorgesehen ist, in der Realität aber oft an den Abteilungsgrenzen zerbricht. Die Erfahrung zeigt, dass echte Kooperation zwischen Abteilungen in der KWG wie MPG eher die Ausnahme ist; eher kooperieren einzelne Abteilungen verschiedener Institute als ein und desselben Instituts. Über die Ursachen lässt sich nur spekulieren. Verwiesen sei dazu noch einmal auf das KWI für medizinische Forschung in Heidelberg, wo in den dreißiger Jahren trotz mancher Ansätze eben keine echte Kooperation zustande kam, sondern die verbliebenen Teilinstitute sich sehr selbständig entwickelten.

Nicht immer ist die forschungsleitende Perspektive diejenige, die zu einem progressiven Durchbruch führt. So führten die Forschungen von Otto Hahn und Lise Meitner in den 1930er Jahren zu den von Enrico Fermi (1901-1954) entdeckten vermeintlichen Transuranen zwar zur Entdeckung der Kernspaltung, aber die wurde weder gesucht noch zu jenem Zeitpunkt eigentlich für möglich gehalten.

- 13 Vgl. unter anderen Kant, Horst: Integration und Segregation: Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg zwischen interdisziplinärem Verbund und Ensemble disziplinärer Institute. In: Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Hrsg. von Klaus Fischer, Hubert Laitko, Heinrich Parthey. Berlin 2011, S.175-197.

Es gibt auch opportunistische oder gar regressive Erfolge; als extremes Beispiel für einen regressiven Durchbruch sind einige rassistisch angelegte Forschungen der KWG im Dritten Reich zu nennen.

Anerkennung lässt sich auch durch eine großzügige Einladungspolitik erreichen, die Wissenschaftstourismus als internationale Vernetzung ausgibt. Doch gaukelt dies meist nur Erfolge vor und wirkt letztlich nur zeitweilig.

Andererseits kann aber Erfolgsdruck auch zu einer Konventionalisierung innovativer Ansätze führen, weil Anbindung an den Mainstream schnellere Erfolge verspricht.

Aus historischer Sicht spielen noch andere Faktoren beim Zustandekommen der Erfolge der MPG eine Rolle, insbesondere natürlich Themenwahl und institutionelle Effizienz. Bei der Themenwahl haben sich verschiedene Strategien in der Vergangenheit als erfolgreich erwiesen, zum Beispiel die Reflexion auf den Stand des Faches, ohne genauere Konsequenzen angeben zu können. Die Krise der klassischen Physik war Anfang des 20. Jahrhunderts vielen Physikern bewusst, ohne dass sie ahnten, wie die Krise zu lösen sei. Immerhin reichte das Bewusstsein soweit, dass sich führende Physiker und Wissenschaftsadministratoren entschlossen, die Gründung eines KWI für Physik ins Auge zu fassen, das sich mit der Lösung dieser Grundlagenkrise beschäftigen sollte, und Einstein für die Leitung dieses Instituts zu gewinnen – der dann allerdings zunächst etwas anderes machte als gedacht.

Eine Reflexion auf den Stand des Faches kann zu dem Schluss führen, dass die Aufgabe eines Instituts darin bestehen sollte, eine Katalysatorfunktion für bereits existierende innovative Perspektiven auszuüben. Schließlich bedürfen wissenschaftliche Durchbrüche auch einer nachhaltigen Umsetzung. Ein Beispiel ist Konrad Lorenz (1903-1989) Idee einer vergleichenden Verhaltensforschung, die zu einem neuen Forschungsparadigma führte, das durch die Gründung des Max-Planck-Instituts für Verhaltensforschung im Jahre 1954 etabliert wurde.

Auch politische Gelegenheiten können genutzt werden, um interessanten Forschungsperspektiven zum Durchbruch zu verhelfen, wie im Falle der Gründung des MPI für extraterrestrische Physik unter Reimar Lüst (*1923) im Jahre 1965. Der Sputnik-Schock ließ die USA nach europäischen Partnern für die Weltraumforschung Ausschau halten. Die politische Konstellation machte es möglich, bereits vorhandene Forschungsansätze zum Beispiel zur Untersuchung von Kometenschweifen und zur Plasmaphysik, wie sie bereits an den Max-Planck-Instituten für Physik und Astrophysik, Aeronomie, und Kernphysik verfolgt wurden, als Potential für eine Neugründung zu nutzen und die bisherige theoretische Forschung zum interplanetaren Plasma nun auch experimentell auszuweiten. Vielleicht eröffnen heute digitale Infrastrukturen den Geisteswissenschaften ebenfalls

solche neuen Perspektiven, allerdings nur dann, wenn sie forschungsnah mit ähnlicher Klugheit aufgebaut und genutzt werden – im Sinne eines „research-driven technology development“.

Desgleichen hilft es auch, sich darauf zu besinnen, wo die MPG ihre besonderen Stärken hat oder entwickeln kann. Für die Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaften bietet ihre Position in einer naturwissenschaftlich dominierten Forschungsgesellschaft einen einzigartigen Forschungskontext. Dieser ermöglicht es den auf diesen Gebieten arbeitenden Instituten nicht nur, Brücken zwischen den sogenannten zwei Kulturen zu schlagen, wie es am MPI für Kognitions- und Neurowissenschaften und am MPI für evolutionäre Anthropologie geschieht, sondern auch traditionelle Zersplitterungen innerhalb der Humanwissenschaften zu überwinden. Auch die beiden kunsthistorischen Institute der MPG in Italien zeigen in unterschiedlicher Weise, welches Innovationspotential aus etablierten Forschungstraditionen, die in einem privilegierten kulturellen Umfeld angesiedelt sind, gewonnen werden kann, und bilden Modellfälle für künftige Internationalisierungsstrategien.

Das Thema Entwicklungsprozesse spielt heute in vielen Max-Planck-Instituten eine herausragende Rolle – von der Kosmologie, über die Entwicklungsbiologie, die Hirnforschung, die evolutionäre Anthropologie, die Wissenschafts- und Wissensgeschichte bis hin zur Bildungsforschung. Solche Forschungen lassen sich nur in langfristiger Perspektive durchführen und bedürfen genau der Art institutioneller Förderung, wie sie die MPG bietet. Wo braucht man einen langen Atem? Gewiss in der Erforschung der Kernfusion, wie sie am weltweit führenden MPI für Plasmaphysik erforscht wird, dem größten Zentrum für Fusionsforschung in Europa. In den 1950er Jahren ging man davon aus, dass man mit etwa 20 Jahren bis zur kommerziellen Nutzung der Kernfusion rechnen müsse. Heute wird erwartet, dass es entsprechende Kraftwerke nicht vor 2050 geben wird. Unter den Bedingungen des gegenwärtigen sogenannten Atomausstieges in der Bundesrepublik kommen neue langfristige Aufgaben auf die Energieforschung zu, die keineswegs kurzfristig zu realisieren sind, wie sich das mancher wünscht. Auch die Geisteswissenschaften sind in diesem Zusammenhang gefragt – nicht zuletzt zur Problematik der gesellschaftlichen Akzeptanz der einzelnen Energieformen.

Das MPI für Plasmaphysik ist ein Beispiel für eine gelungene Integration von Großforschung in die MPG. Noch in den 1960er Jahren war es durchaus umstritten, ob die MPG dafür ein geeigneter Ort sein könne, und so wurde dieses MPI zunächst als Tochtergesellschaft der MPG gegründet, allerdings mit Heisenberg als Gesellschafter. Erst 1971 wurde es zu einem regulären MPI.

4. Welche *Schlußfolgerungen* sollte man für die *Politik* der MPG ziehen?

Das Aufgreifen gesellschaftlicher Herausforderungen wie der Energieversorgung ist keine Ausnahme in der Geschichte erfolgreicher Themenwahl. Es ist eine oft übersehene Tradition der KWG, Institute für angewandte Grundlagenforschung (basic applied science) zu gründen, die häufig stark industriefinanziert waren. Beispiele sind die Institute für Kohlenforschung, Faserstoffchemie und Lederforschung. Aktuelle Beispiele für angewandte oder anwendbare Grundlagenforschung innerhalb der MPG sind Forschungen zum internationalen und ausländischen Recht, Bildungsforschung, Altersforschung, Biotechnologieforschung, Erdsystemforschung und natürlich Energieforschung.

Eine Strategie der Themenwahl erweist sich als besonders vielversprechend: Die Herausarbeitung neuer Perspektiven aus ursprünglich eher marginaler Forschung. Ein jüngeres Beispiel aus der Biologie ist die Entdeckung des Agrobakteriums *tumefaciens* bei der Erforschung von Tumoren bei Pflanzen durch Jozef Schell (1935-2003) am MPI für Züchtungsforschung, die unerwartet zur Grundlage des Gentransfers bei Pflanzen und damit der grünen Gentechnik wurde.

Eine Umstrukturierung von Wissenssystemen institutionell zu fördern, bedeutet hohe Ansprüche an die Fertilität und Mutationsfähigkeit der MPG als ganzer und ihrer Institute. Institutionelle Effizienz bedeutet auch die Fähigkeit zur Anpassung an unerwartet auftauchende neue Forschungsrichtungen oder überraschende Verlagerungen thematischer Schwerpunkte, ebenso wie die Gewährung von Entwicklungschancen auf allen Ebenen, von Individuen, über Forschungsgruppen bis zu ganzen Instituten.

Zahlreiche Beispiele aus der Geschichte der MPG belegen das Prinzip der Fertilität, also die Fähigkeit von Instituten, neue Themen hervorzubringen, und die Fähigkeit der MPG, ihnen eine angemessene institutionelle Grundlage zu gewähren. Ein Beispiel ist die Entstehung der Chronobiologie mit den Pionierarbeiten von Jürgen Aschoff (1913-1998) Mitte der fünfziger Jahre am MPI für medizinische Forschung und die spätere Institutionalisierung dieser Forschungsrichtung am MPI für Verhaltensphysiologie. Ebenso ging das MPI für biophysikalische Chemie 1971 aus dem MPI für Physikalische Chemie hervor, das seinerseits 1948 unter Karl-Friedrich Bonhoeffer (1899-1957) in Göttingen als „Ableger“ des Berliner KWI für Physikalische Chemie entstanden war.

Institutionelle Effizienz kann sich auch an der Mutationsfähigkeit ganzer Institute erweisen. Herausragende Beispiele sind das KWI/MPI für Kohlenforschung und das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, die sich vor dem Hintergrund bedeutender wissenschaftlicher Leistungen immer wieder neu

erfunden haben. Am Anfang der Geschichte des Instituts für Kohlenforschung standen Probleme der Kohleveredlung, dann die Idee einer Umwandlung von Kohle auf direktem Wege in elektrische Energie. Aber Erfolge wie die Entwicklung des Fischer-Tropsch-Verfahrens zur Gewinnung flüssiger Kohlenwasserstoffe (1925), sowie die des bereits erwähnten Niederdruckpolyethylen-Verfahrens durch Karl Ziegler (1953) lenkten das Institut in andere Richtungen. Auch das Fritz-Haber-Institut hat in seiner Geschichte mehrfach erfolgreich seine Schwerpunkte verlagert, wobei große Fragen wie die nach einem umfassenden Verständnis der Katalyse richtungsweisend für die Arbeit des Instituts blieben. Die Verleihung des Chemie-Nobelpreises 2007 für die Aufklärung von Katalyseprozessen auf molekularer Ebene an Gerhard Ertl (*1936) vom Fritz-Haber-Institut zeigt, dass sich ein solcher langer Atem lohnt.

Das Zustandekommen wirklicher Kooperation in oder zwischen den Instituten kann für die institutionelle Effizienz einer Forschungsrichtung entscheidend sein. Sie gelingt dann, wenn es einen klar definierten konvergenzbildenden Fokus gibt, wenn die Kooperation durch die Nutzung gemeinsamer Forschungsressourcen oder Serviceabteilungen gefördert wird, und wenn abteilungsübergreifende Projektgruppen ihr die nötige Anpassungsfähigkeit verleihen. Der Freiwillige Verbund Erdsystemforschung, in dem sich die Max-Planck-Institute für Chemie in Mainz, für Meteorologie in Hamburg und für Biogeochemie in Jena zusammengefunden haben, und die mit Abteilungen an mindestens vier weiteren Instituten kooperieren, zeigt, wie übergreifende Fragen effizient angegangen werden können.

Dieses Beispiel weist zugleich auf eine weitere Dimension der institutionellen Effizienz hin: die Wahl der richtigen Größenordnung. Einerseits ist es meistens sinnvoll, mit kleineren flexiblen Einheiten zu beginnen. Andererseits bedürfen außergewöhnliche Forschungsansätze oft einer kritischen Masse, um ihre Überlebens- und Durchsetzungsfähigkeit gegenüber dem Mainstream zu gewährleisten.

Nach den bisherigen Ausführungen dürfte klar sein, dass die MPG nicht nur eine wichtige Funktion in der akademischen Arbeitsteilung Deutschlands spielt, sondern auch global eine Nische ausfüllt. Umgekehrt kann die MPG ihre Strukturvorteile möglicherweise besser nutzen, wenn sie in Zukunft verstärkt zu einem "global player" wird - allerdings nur dann, wenn es ihr gelingt, ein gemeinschaftliches Bewußtsein ihrer besonderen Rolle zu bewahren. Dazu gehört die Notwendigkeit ihr Profil mit dem Angebot einer einzigartigen Forschungsfreiheit zu schärfen, also der Möglichkeit, jenseits des Mainstreams zu agieren, der Gewährleistung von Forschungskontinuität und der Offenheit für eine Neuausrichtung von Forschung. Eine solche Schärfung desw Profils der MPG erfordert auch eine

flexiblere Gestaltung der Binnenstruktur der Institute und ihrer Außenbeziehungen.

Kooperation zwischen Abteilungen eines Instituts ist nicht notwendigerweise die Hauptachse, entlang derer sich verschiedene disziplinäre Perspektiven zusammenbringen lassen. Eine realistische und immer wieder zu überprüfende Einschätzung von Kooperationsmöglichkeiten kann ebenso gut eine Akzentuierung wie eine Verflachung von Hierarchien als sinnvoll erscheinen lassen. In jedem Falle sollte man keine unrealistischen Idealbilder festschreiben, sondern auf jeder Ebene Entwicklungspfade offen halten, für Projektgruppen, Abteilungen, Institute, Institutscluster ebenso wie für Forschungsnetzwerke.

Es ist auch keineswegs mehr so, dass führende Wissenschaftler die MPG als das "Allein-Seligmachende" ansehen – das war es übrigens auch früher schon nicht, auch wenn die Legende dies manchmal vermuten lässt. Willstätter ging nach nur drei Jahren, Mößbauer kam gar nicht erst. Das heißt aber, dass es immer schwieriger wird, die international hervorragenden Köpfe für die MPG zu gewinnen und an sie zu binden. Finanzielle Fragen – weniger des eigenen Gehalts (wenn auch das nicht unterschätzt werden soll) als der finanziellen Ausstattung der Forschungsabteilung bzw. des Instituts – bis hin zu geeigneten Stellen für Lebenspartner spielen dabei ebenfalls eine Rolle.

Keine noch so klug angelegte Forschungsplanung kann allerdings erfolgreich sein, ohne dass die MPG ihre spezifische Rolle in der arbeitsteiligen Forschung nach innen und nach außen stärker zum Bewusstsein bringt. Da der Exzellenzbegriff als Alleinstellungsmerkmal der MPG zunehmend an Schärfe verliert, wird die öffentliche Wahrnehmung ihrer besonderen Rolle entscheidend für den Erfolg der MPG bei der Gewinnung von Nachwuchs und Ressourcen. Nach innen gewährleisten die international besetzten Fachbeiräte seit den 1970er/1980er Jahren eine am wissenschaftlichen Diskurs orientierte qualitative Evaluierung der Institute, die nicht nur die Exzellenz von Forschung sichert, sondern oft auch dazu beigetragen hat, riskante Innovationen nicht an den Maßstäben des Mainstreams scheitern zu lassen.

Die MPG sollte deshalb nach innen eine Reflexionskultur entwickeln, die sich an ihrer Rolle als Katalysator von Umbrüchen orientiert, und sie sollte nach außen offensiv für diese Rolle Anerkennung suchen. Eine solche Reflexionskultur müsste nicht nur ein Bewusstsein für die Gefährdungen einschließen, die immer dann in wissenschaftlicher Forschung auftreten, wenn moralische und gesellschaftliche Kontexte ausgeblendet werden und stattdessen die Orientierung ausschließlich an immanenten Effizienzkriterien und äußeren Opportunitäten stattfindet. Sie

sollte ebenso die Chancen deutlich machen, die in einer Grundlagenforschung liegen, die sich gesellschaftlichen Herausforderungen stellt, und zwar im Zusammenhang aller ihrer Dimensionen, den naturwissenschaftlichen ebenso wie den gesellschafts- und kulturwissenschaftlichen.

In den Medien und in öffentlichen Diskussionen wird dagegen immer wieder gefragt, ob denn die Forschung genügend Nutzen abwerfe und ob die Grundlagenforschung nicht vorwiegend nach ihrer wirtschaftlichen Nützlichkeit bewertet werden solle. Ein Rückblick auf die Erfolge der KWG und der MPG zeigt, wie kurzsichtig solche Vorbehalte sind. Wir verweisen hier nur auf Einstein, der dazu einmal gesagt haben soll: "Wenn man die Forschung nur den Ingenieuren überlässt, hätte man perfekt funktionierende Petroleumlampen, aber keinen elektrischen Strom."

Über die katalytische Ausbreitung kreativer Ideen in der Wissenschaft

Zusammenfassung

Über die Ausbreitung kreativer Ideen gibt es verschiedene Hypothesen. Bei manchen Ideen beobachten wir eine geradezu explosionsartige Akzeptanz, während andere erfahrungsgemäß jahrelang völlig ignoriert wurden. Da Wissenschaft in erster Linie eine professionelle Problemlösung darstellt, liegt es nahe anzunehmen, dass Ideen zu besonders brennenden Problemen sich am raschesten ausbreiten. Die meisten Hypothesen gehen daher direkt oder indirekt von einem Gefälle aus, bei dem in einem *Creative Flow* oder auch in einer Ideendiffusion sich kreative Gedanken in die breite Öffentlichkeit mit ihren Problemen ergießen. Demnach müsste sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit entsprechend des Gefälles zwischen Angebot der kreativen Idee an die Gesellschaft und Nachfrage in der Bevölkerung verändern. Andererseits beobachten wir allerdings, dass gerade die besonders kreativen Ideen sich bisher um so weniger ausbreiteten, je weniger die breite Öffentlichkeit sie verstand. Die Gesellschaft hatte also nicht selten einen großen Bedarf, wusste es aber nicht, weil sie nicht erkannte, wo ihr Bedarf überhaupt liegt. Das war typisch für die *Little Science*. Um die Ausbreitung kreativer Ideen zu verstehen, müssen wir daher zunächst danach fragen, was ist Kreativität, was ist Katalyse, was ist ein Problem und wie erzeugt man eine Nachfrage nach zeitgemäßen Problemlösungen. Die verkürzte Antwort darauf lautet: Eine entsprechende Vorbildung und Informationskompetenz muss vorhanden sein. Schon in einer früheren Publikation wurde darauf hingewiesen, dass sich die Nachfrage nach zeitgemäßen Problemlösungen in der *Big Science* gegenüber der *Little Science* umgekehrt hat. In der *Big Science* fordert immer öfter die Gesellschaft die Lösung von Problemen durch die Wissenschaft. Dass sich damit auch die Ausbreitung neuer Ideen stark veränderte, liegt auf der Hand. Im Science Citations Index zeigt sich dies dadurch, dass die meisten bekannten Publikationen von Anfang an viel zitiert werden und nicht, wie es der Matthäus Effekt erwarten ließe, im Laufe der Zeit immer öfter.

Einleitung

Da der Begriff der Kreativität meist positiv besetzt ist, wird oft übersehen,

1. dass die meisten kreativen Ideen als Hypothesen Unsinn sind, sie damit die Arbeit in der Wissenschaft erheblich belasten und darum Wissenschaft zu einem anstrengenden Beruf machen.

2. dass sich viele wissenschaftliche Ergebnisse ausbreiten, ohne dass die kreativen Ideen dahinter zunächst zur Kenntnis genommen werden.

3. dass kreative Ideen in der Wissenschaft ein Vorwissen erfordern, dass auch nur wenig Wissenschaftler haben, da mit der zunehmenden Arbeitsteilung in der Wissenschaft auch Wissenschaftler selbst auf immer mehr fachfremden Gebieten Laien sind. Nicht zufällig werden die letzten Universalgelehrten meist zur Zeit der Brüder Humboldt verortet.

Die häufig geäußerte Ansicht, dass sich kreative Gedanken diffusionsartig ausbreiten benutzt den Diffusionsbegriff meist sehr unscharf und keinesfalls im wirklichen Sinne der Diffusion. So haben Ronald Rousseau und andere kürzlich (2012) ¹wieder das veraltete Diffusionsmodell aufgegriffen, um die Ausbreitung von Ideen zu beschreiben. Dabei liegt die etwas eigenwillige Definition von Diffusion zugrunde: „*the term diffusion as such has no meaning*“.

Wir wollen hier terminologisch etwas präziser vorgehen.

1. Katalyse

Beginnen wir zunächst mit der Frage: Was ist ein Katalysator? Als Wilhelm Ostwald für seine Arbeiten über Katalyse, chemische Gleichgewichte und Reaktionsgeschwindigkeiten 1909 den Nobelpreis erhielt, war das insofern eine Revolution in der Wissenschaft, weil in der Folge nicht nur zahlreiche neue Enzyme² und Katalysatoren entdeckt wurden, das Verständnis dafür, wie sich Stoffwechsellgleichgewichte in belebter und unbelebter Natur kontrollieren lassen veränderte sich fundamental. Das gesamte Leben erscheint uns damit als ein kompliziert ausgewogenes System an Enzymen, die alle zu bestimmten Zeiten entstehen, in bestimmten Konzentrationen, an bestimmten Orten wirksam werden, und damit den gesamten Stoffwechsel strukturieren. Auch wenn Berzelius bereits 1835 von der Catalyse sprach und Payen schon 1833 die Amylose spaltende Diastase entdeckt hatte, die eigentliche Theorie der Katalyse und der kreative Gedanke da-

1 Rousseau, R., Liu, Y. und Ye, F. Y., A preliminary investigation on diffusion through a layered system. – In: Journal of Informetrics. 6(2012), S. 177 – 191.

2 Enzyme sind Katalysatoren die von lebenden Organismen hervorgebracht werden und deren gesamten Stoffwechsel in bestimmte Bahnen lenken.

hinter breitete sich erst langsam in immer mehr Theoriegebäuden der Biologie, Chemie, Mathematik, Philosophie, Physik, Psychologie oder den Sozialwissenschaften auch als Metapher aus, und brachte auch die Vorstellung der Autokatalyse hervor. Wobei die positive bzw. negative Autokatalyse einem positiven bzw. negativen *feedback* entspricht. Danach vermögen Katalysatoren sich selbst reproduzierend hervorzubringen. Meist, wie im Falle des Lebens und des Wissens, ist diese Selbstreproduktion nicht nur auf ein Enzym konzentriert, sondern auf ganze katalytische Systeme. Überall erkannte man nach der Entdeckung der Katalyse das Walten katalytischer Prinzipien bei der Überwindung energetischer Barrieren.

2. *Kreativität*

Was war aber an dieser Idee der Katalyse kreativ? Als kreative Ideen können wir zunächst sicher nur Vorstellungen zählen, die etwas neues, etwas bislang noch nicht erkanntes hervorbringen, denn eine solche schöpferischer Tätigkeit ergibt sich aus dem lateinischen *creare*, was so viel bedeutet wie etwas neu schöpfen, erzeugen bzw. erschaffen. Wenn es dazu im Brockhaus heißt: Kreativität sei "schöpferisches Vermögen, das sich im menschlichen Handeln oder Denken realisiert und einerseits durch Neuartigkeit und Originalität gekennzeichnet ist, andererseits aber auch einen sinnvollen und erkennbaren Bezug zur Lösung technischer, menschlicher oder sozialpolitischer Probleme aufweist", so ist dem zwar weitgehend zuzustimmen, ob allerdings Kreativität ausschließlich auf das menschliche Sein begrenzt werden kann, und ob Kreativität immer sinnvoll und Lösungsrelevant sein muss, ist noch kritisch zu hinterfragen. In Wikipedia beispielsweise heißt es: „Kreativität ist eine Eigenschaft lebender Systeme.“, hier wird sie also nicht mehr nur auf den Menschen beschränkt.

Wenn man beispielsweise daran denkt, wie viele Jahrzehnte es inzwischen dauert, bis die breite Öffentlichkeit begreift, dass auch intelligente Maschinen kreativ sein können, und wie viele Menschen sich strikt weigern, diese Idee auch nur genauer zu prüfen, dann erkennt man, dass Menschen, denen die Grundlagen der Kybernetik fehlen, sich einer solchen Idee gar nicht oder nur schwer nähern können.

Historisch ist die anthropomorphe Einschätzung im Brockhaus zwar verständlich, da beispielsweise Francis Galton 1890 mit der „schöpferischen Begabung“ ebenso menschliche Begabung meinte, wie 1921 Lewis Terman in seinen *Genetic Studies of Genius*, wo er sich bei den hochbegabten erwartungsgemäß nur mit kreativen Menschen befasste. Diese Betrachtungen blenden aber das gesamte Gebiet

der sogenannten Künstlichen Intelligenz aus. Die Brockhaus- und auch die Wikipedia-Definition sind also inzwischen völlig veraltet.

Wenn Kreativität darüber hinaus grundsätzlich an sinnvolle Lösungen technischer, menschlicher oder sozialpolitischer Probleme gebunden wäre, könnte man unzählige kreative Kunstwerke nicht mehr als solche bezeichnen. Die Definition im Brockhaus vernachlässigt somit auch so manche Kreativität im künstlerischen Bereich.

R. M. Holm-Hadulla (2010)³ versteht unter Kreativität eine Neukombination von Informationen. Das ist ohne Zweifel eine korrekte Beschreibung vieler als kreativ bezeichneter Erscheinungen. Sie sind also im Prinzip nur neu erzeugte Assoziationen. Das ist insofern wichtig, weil wir noch sehen werden, wie die sogenannten kreativen Ideen in der Wissenschaft durch Neukombinationen entstanden sind. Wobei man insbesondere bei der wissenschaftlichen Kreativität nicht unterschätzen sollte, dass es für etliche geistige Fortschritte ganzer Ketten kreativer Ideen bedarf, so wie die Logik nicht selten mehrere Schlussfolgerungen erfordert, um von der Erkenntnis A gesichert zur Erkenntnis B zu gelangen.

Aus dieser Neukombinationen von Informationen, oder informationstheoretisch korrekter, Nachrichten, weil viele der sogenannten Informationen nicht neu sind und damit auch redundant sein können, wird auch deutlich, warum so viele Kreationen unsinnig, absurd, irreführend, phantastisch, sogar kriminell, etc., und darum weit von Wissenschaftlichkeit entfernt sind. Dabei sind zwei Typen von Neukombinationen zu unterscheiden

1. Die Neukombination von Nachrichten, die sich sozusagen aus der Summe oder dem Produkt der beteiligten Informationen ergibt.

2. Die Neukombination von Nachrichten, die deutlich mehr als die Summe oder das Produkt der beteiligten Informationen hervorbringt. Hier hat sich seit etwa 1910 die Ansicht durchgesetzt, dass Evolution auch sogenannte Emergenzen hervorbringt. Emergenz ist bei Konrad Lorenz der Terminus für das Auftreten qualitativer Neuheit. Das von ihm verwendete Wort „Fulguration“ hat sich weniger durchgesetzt.

Wenn man sich das morphologisch evolutionäre Prinzip der *penta dactyla* beispielsweise ansieht, das von den Flossen der Meeressäuger, über unsere fünfgliedrigen Greifhände, bis zu den Flügeln der Vögel oder den Hufen der Pferde reicht, so basiert dies zunächst auf relativ einfachen unterschiedlichen allometrischen Wachstumsunterschieden, in dem bestimmte Finger verlängert oder auch verkümmert sind. Wenn wir dagegen die damit verbundene Anpassung der Federn

3 Holm-Hadulla, R. M., Kreativität. Konzept und Lebensstil. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 3. Aufl. 2010.

an die Aerodynamik in der Luft, die taktile räumliche Perzeption alles greifbaren oder die Hydrodynamik der Flossen betrachten, so müssen wir hier durchaus von evolutionären Innovationen oder Emergenzen sprechen.

Wie wir speziell aus der Evolution heraus wissen, beruhen diese Kreationen grundsätzlich auf Mutationen und sind damit zufällig. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass auch zahlreiche kreative Gedanken nichts anderes sind als zufällig assoziierte Nachrichten.

An dieser Unterscheidung wird deutlich, dass wir bei der Definition Holm-Hadullas für Kreativität, zwei Arten der Kreativität differenzieren müssen, wobei die Kreativität im engeren Sinne eine Emergenz hervorbringt, die uns als etwas völlig neues erscheint, während die meisten Kombinationen von Nachrichten nur eine neu Assoziation darstellen, die, wenn sie wissenschaftlich betrachtet neu sein soll, noch nicht publiziert wurde. Da unser Denken ja grundsätzlich aus den beiden Komponenten Assoziation und Prüfung auf Brauchbarkeit, auf Sinnhaftigkeit bzw. Logik beruht, ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass eine einfache Assoziation zwar schon kreativ sein kann, aber noch nicht die Bedingung des wissenschaftlichen Denkens mit seinen logischen Schlussfolgerungen erfüllt.

Am Beginn der Künstlichen Intelligenz, als man Computer noch als Denkmachines zu konzipieren versuchte, blieb der Aspekt der Assoziation weitgehend unbeachtet, so dass diese Maschinen die Information nur logisch verarbeiteten. Darum sprach man ihnen später das Denken wieder ab. Zur gleichen Zeit stieg aber auch das Interesse, den Computern auch *fuzzy logic* und Assoziation beizubringen. Insofern machte man sie zu der Zeit zu Denkmachines, in der ihnen Kritiker diese Fähigkeit zunehmend absprachen. Es ist im Prinzip nicht schwierig einem Computer Assoziationsfähigkeit einzuprogrammieren, es wird nur nicht so häufig gemacht, weil ihre Stärke uns gegenüber eindeutig in der konsequenten und raschen Logik liegt. In der Kunst sinnvoller Assoziationen waren wir dagegen bisher überlegen – meist ohne bewusst zu wissen, wie wir das machen.

Bei weitem nicht alle außergewöhnlichen bzw. neuen Vorstellung die kreativ sein sollen, sind sinnvoll. Im Gegenteil, die meisten sind erfahrungsgemäß unsinnig und halten einer logischen oder praktischen Nachprüfung nicht stand. Insofern hatte Friedrich August Kekulé 1890 Recht, als er sagte: „Lernen wir träumen, meine Herren, dann finden wir vielleicht die Wahrheit, aber hüten wir uns, unsere Träume zu veröffentlichen, ehe sie durch den wachen Verstand geprüft worden sind.“⁴

4 Kekulé, F. A., "Uroboros-Rede" gehalten bei der ihm zu Ehren veranstalteten Feier der Deutschen Chemischen Gesellschaft im großen Saal des Rathauses der Stadt Berlin am 11.3.1890. (25 Jahre Benzolfest). - In: Ber. d. deutschen chemischen Gesellsch. 23(1890), S. 1302.

In diesem Sinne ist auch Einsteins Aphorismus „*I believe in intuition and inspiration. Imagination is more important than knowledge. For knowledge is limited, whereas imagination embraces the entire world, stimulating progress, giving birth to evolution. It is, strictly speaking, a real factor in scientific research.*“⁵ zu verstehen. Die oft zu findende verkürzte Übersetzung „Phantasie ist wichtiger als Wissen,“ die auch das Motto des Einstein-Jahres 2005 war, ist oft missverstanden worden, denn

1. bedeutet „*Imagination*“ Vorstellungskraft, was hier synonym mit Phantasie übersetzt wurde, obwohl Einstein zur Verdeutlichung daneben auch noch *Intuition* und *inspiration* (Eingebung) verwendete, aber das ist nur eine sprachliche Feinheit.

2. wurde in den vielen Bemerkungen dazu sicher nicht ausreichend deutlich, dass der Zusatz Einsteins „denn Wissen ist begrenzt.“, bis heute nicht ernst genug genommen wird, denn diese Unterschiedlichkeit, dass Information unendlich und Wissen endlich ist,⁶ hat erhebliche Konsequenzen. Wissen ist also schon darum begrenzter als Information, weil wir in unseren Träumen, Einfällen oder Phantasien uns weitaus mehr und auch unlogisches oder unverstandenes vorstellen können, als es die begründeten Informationen zulassen.

Was Einstein in diesem Zusammenhang unter „*stimulating progress, giving birth to evolution.*“ andeutet, deckt sich weitgehend mit dem, was Kekulé mit dem vom wachen „Verstand geprüft“ (1890) oder Thomas Heinze (2007)⁷ mit „Anschlussfähigkeit“ umschreiben, denn schon die biologische Evolution erklärt sich daraus, dass epigenetisch jeder neue Schritt sich aus dem vorhergehenden kausal ableiten muss.

Nach der Kreativitätsphase und der logischen Prüfung gibt es noch eine dritte Innovationsphase, die der Verallgemeinerung. In Anlehnung an *Occams Razor* hat man sie auch schon als 'Einstein's razor' bezeichnet, da er schrieb: „Everything should be made as simple as possible, but no simpler.“ Dahinter steckt die große Gefahr, der viele Menschen immer wieder erliegen, die unerlaubte Vereinfachung. Sie tritt uns insbesondere bei der induktiven Schlussfolgerung entgegen, bei der wir leicht dazu verführt werden *pars pro toto*-Schlüsse zu ziehen. Beispiel: Ich sah

- 5 Einstein, A., As quoted in "What Life Means to Einstein: An Interview by George Sylvester Viereck". In: The Saturday Evening Post (26 October 1929) bzw. Einstein, A., Cosmic Religion: With Other Opinions and Aphorisms by, (1931) S. 97.
- 6 Umstätter, W., Die Rolle der Bibliothek im modernen Wissenschaftsmanagement. –In: Humboldt-Spektrum. 2(1995)4, S. 36 – 41.
- 7 Heinze, Th., Institutionelle Rahmenbedingungen für kreative Forschung. Eine empirische Analyse der Felder Nanowissenschaft und Humangenetik. <http://www.hfv-speyer.de/kruecken/pdf-Dateien/ManuskriptHeinze.pdf>

einen ersten, zweiten, dritten weißen Schwan. Behauptung: Alle Schwäne sind weiß.

Wenn Einstein feststellt: *“We can't solve problems by using the same kind of thinking we used when we created them.”* So bedeutet das nicht, dass sich in der Wissenschaft nicht immer wieder das selbe induktive Prinzip wiederholt hat. Nachdem sich eine Begründung für ein bestimmtes Phänomen, wie das der Kraft, als Produkt aus Masse und Beschleunigung, das der Katalyse oder auch das der Informationstheorie zunächst an Spezialfällen beobachtet wurde, versuchte man dieses dann zunehmend auf alle vergleichbaren Probleme direkt oder als Metapher anzuwenden beziehungsweise zu verallgemeinern. Diese Phänomene fanden so ihre wiederholte Bestätigung beziehungsweise ihre Grenzen.

3. *Hypothese versus Theorie*

In diesem Zusammenhang ist auch auf den Unterschied zwischen Hypothese und Theorie hinzuweisen. Während sich in der Geschichte der Wissenschaft schon unzählige Arbeitshypothesen als falsch, irreführend oder auch nur unbrauchbar erwiesen, weil sie zunächst nur auf Phantasie beruhten, erfordert eine Theorie, dass sie in ihrem Aussagebereich bereits überprüft und damit wiederholt bestätigt werden konnte.

Eine eher martialisch anmutende Arbeitshypothese war beispielsweise die von A. Weismann, der zum Nachweis der Vererbung erworbener Eigenschaften, im Sinne Lamarcks, Mäusen reihenweise und von Generation zu Generation die Schwänze abhackte, mit der Hoffnung, sie würden eines Tages Nachkommen ohne Schwänze hervorbringen. Das war natürlich nicht nur grober Unfug, es wurde auch noch als Beleg dafür gewertet, dass Darwins Theorie der Lamarcks überlegen war. Die Hypothese war also eindeutig falsch, anzunehmen, dass eine Maus, aus Angst, dass man ihren Nachkommen auch den Schwanz abhackt, diesen gar nicht erst vererbt. Genau genommen hatte das auch nichts mit den Vorstellungen Lamarcks zu tun, dass der Gebrauch von Organen, deren evolutionäre Entwicklung stärkt. Klassisches Beispiel war die Giraffe, bei der man annahm, dass sie sich immer wieder nach hohen Ästen reckte, und so die Entwicklung eines langen Halses förderte. Wir wissen heute, dass es Gene gibt, die bestimmte Entwicklungstendenzen solcher Art eröffnen. Wobei man zu Weismanns Ehrenrettung erwähnen muss, dass es damals Stimmen gab, die meinten, eine schwanzlose Katze beobachtet zu haben, deren Katzenmutter ihren Schwanz verloren hatte.

Wenn wir in der Literatur immer wieder lesen, eine Theorie sei als falsch erkannt worden, so hat es sich in Wirklichkeit oft nur um eine Hypothese gehan-

delt, oder es hat sich bei genauerer Analyse gezeigt, dass die Theorie nur innerhalb bestimmter Grenzen oder bis zu einem bisher untersuchten Genauigkeitsgrad zutrif. Insofern werden Theorien oft als falsifiziert bezeichnet, obwohl sie eigentlich nur weiterentwickelt wurden.

Merkwürdigerweise beobachten wir die von Karl Raimund Popper als charakteristisch für die Wissenschaft erkannte Falsifikation in der Literatur weit seltener als man annehmen sollte. Im Gegenteil, auch positive Zitierungen sind häufiger als negative, wie E. Garfield⁸ festgestellt hat. Wobei ihm auffiel, dass viele Autoren dazu neigen, die negativen Zitationen zu verschweigen. Ob das daran liegt, dass sich manche Wissenschaftler davor hüten, mögliche *Peer Reviewer* zu verärgern oder Arbeiten mit positiven Zitationen leichter akzeptiert werden, sei dahingestellt. Vereinfacht kann gesagt werden, dass die meisten Autoren eine Publikation dadurch falsifizieren bzw. weiterentwickeln, dass sie weit mehrere Arbeiten mit anführen, die ihre eigene Gegenposition unterstützen.

Es wäre im Prinzip nicht tragisch, wenn Theorien als falsifiziert erscheinen, die eigentlich nur weiterentwickelt wurden, wenn es nicht bei zahlreichen Laien oder Gegnern einer Theorie zu Fehlinterpretationen führen würde. So wurde beispielsweise schon von unzähligen Gegnern der darwinistischen Deszendenztheorie wiederholt behauptet, sie sei bereits falsifiziert, obwohl sie beispielsweise durch die Entdeckung der Informationstheorie, der Desoxyribonukleinsäure (DNS), der Genetik und so weiter. im Neodarwinismus glänzende Bestätigungen fand. Natürlich kann man all das, was Darwin noch nicht wissen konnte, als einen Mangel, als Fehler oder als unzureichende Kreativität in seiner Theorie ansehen, man kann sein geistiges Fundament aber auch als Basis für die spätere Weiterentwicklung dieser Theorie verstehen, was sie zweifellos war.

Dass zahlreiche Gegner der darwinistischen Theorie ihrem Kreator oft anlasteten, was schon über hundert Jahre vor seiner Zeit bekannt war, nämlich dass Mensch und Affe eine für damalige Zeit erschreckende Verwandtschaft aufweisen, zeigt deren weitgehende Unkenntnis in dieser Thematik. So hat Darwin die Erkenntnis Linnés, Lamarcks und anderer nicht falsifiziert, sondern nur besser begründet.

Schon weit vor Darwin hatte Linné zwei Sammlungen an Erkenntnissen seiner Zeit assoziativ zusammen gebracht, die Vielfalt beschriebener Tiere und Pflanzen einerseits, und das Wissen über die sexuelle Vermehrung der Lebewesen andererseits. Zwangsläufig ergab sich aus seiner Systematik ein Verwandtschaftssystem aller Pflanzen und Tiere und weiterhin eine Evolution, für die Darwin ei-

8 Garfield, E., How to Use Citation Analysis for Faculty Evaluations, and When Is It Relevant? Part 2. – In: *Current Comments* Number. 45 (7.11.1983),

gentlich nur noch den Namen und die Erklärung lieferte, die er aus einer Beobachtung von Thomas Robert Malthus entnahm, dem aufgefallen war, das grundsätzlich weitaus mehr Lebewesen geboren werden, als überleben können. Also brachte auch er im Prinzip nur zwei Erkenntnisse, die von Linné und die von Malthus, zusammen. Das Ergebnis war für Männer der Kirche, wie Malthus oder Darwin, in der damaligen Zeit ein schockierender Gedanke, weil er bewies, dass ein „gütiger“ Gott anscheinend Millionen und Abermillionen von unschuldig sterbenden Lebewesen in seiner Schöpfung fest eingeplant hatte.⁹ Es rief abermals in erschreckender Weise das Theodizee-Problem,¹⁰ wie es Leibniz ein Jahrhundert davor formuliert hatte, in Erinnerung und erschütterte nicht nur den Glauben vieler, sondern stärkte auch den Atheismus im Kommunismus.

Insofern war es nur konsequent, dass die katholische Kirche das Systema Naturae auf den Index Librorum Prohibitorum setzte und nicht erst Darwins 1859 erschienenes *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. Für sie, war die kreative Idee Linnés weitaus gefährlicher als die Darwins. Darwin bestätigte nur noch, was auch schon sein Großvater Erasmus Darwin in der *Zoönomia* (1796) oder Johann Wolfgang v. Goethe in der Abhandlung vom Zwi-schenkieferknochen (1785) publiziert hatten. So schrieb Goethe, dass man es ihm schon sehr übel nahm, dass er mit seiner neumodischen Morphologie die „peinliche Verwandtschaft des Affen zu dem Menschen“ nachgewiesen hatte.

4. *Kreativität juristisch betrachtet*

Kreativität ist also bei weitem nicht so positiv, wie es oft den Anschein hat. Sie ist weitaus öfter unsinnig oder unbegründet, als wissenschaftlich fundiert. „Wissenschaftliche Erkenntnisse sind nicht das Ergebnis persönlicher geistiger Schöpfung.“ – sie sind lediglich entdeckt.¹¹

Im Prinzip bedeutet das, dass Wissenschaft aus juristischem Blickwinkel *per se* nicht kreativ sein kann, weil sie ja nur etwas entdeckt, was bereits im Universum enthalten ist.

Es ist darum juristisch auch korrekt, wenn eine Gleichung, wie $-H = \Sigma pi \times l dpi$ nicht als kreativ angesehen werden kann, weil sie bereits mehrfach in allen Variationen publiziert wurde, und sie sich aus der Logik der Mathematik heraus ergeben hat. Für sie kann weder ein geistiges Eigentum, noch ein Urheber- oder ein Patentrecht erworben werden. Sie ist juristisch lediglich eine

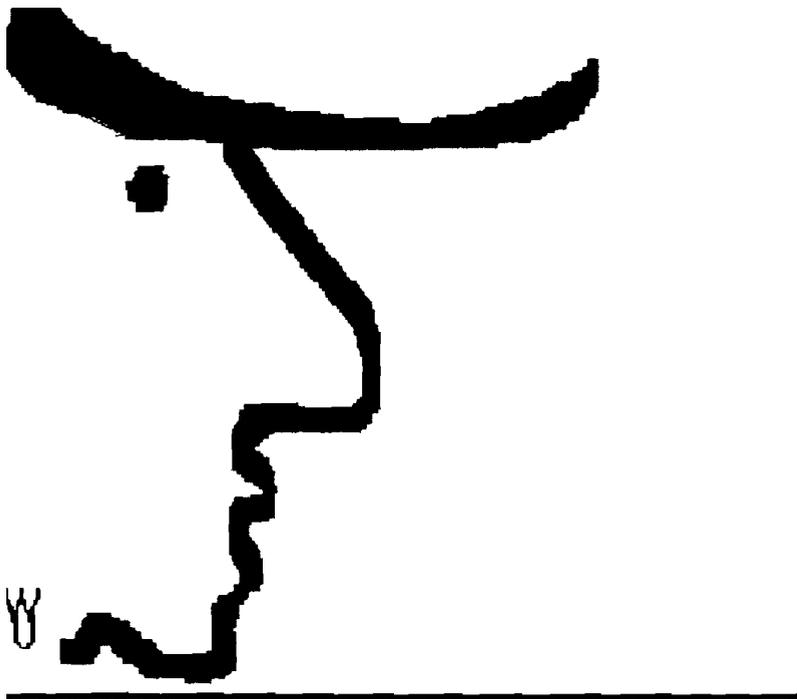
9 <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/lectures/Darwinismus09.pdf>

10 <http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/lectures/Theodizee09.pdf>

11 jura-basic.de

Entdeckung. Dagegen ist die simple Grafik in Abbildung 1 als einmalig, urheberrechtlich geschützt und damit als kreative Schöpfung anzusehen. Mit Wissen hat diese Grafik nichts zu tun, so dass sich ein weiteres Mal bestätigt, dass Kreativität und Wissen bzw. Wissenschaft zunächst sehr verschiedene Gegenstände sind.

Abbildung 1: Unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten enthält diese Graphik für Menschen Information aber kein Wissen. Ihre Erzeugung erfordert (wenn auch nur geringe) Kreativität, sie ist (von Kopien abgesehen) einmalig und damit urheberrechtlich geschützt.



Es ist auch bemerkenswert, dass schon die geringfügige Abwandlung von Abbildung 2 zu Abbildung 1, eine neue Kreation darstellt. Dies ergibt sich sowohl aus der Tatsache, dass sich rein grafisch der Punkt nicht an der selben Stelle befindet, als auch daraus, dass für uns Menschen damit ein anderer Blick resultiert.

Abbildung 2: Schon die Verschiebung eines einzigen Punktes (des Auges) gegenüber Abbildung 1 entspräche hier einer kreativen Veränderung.



Das die Entdeckung von Naturgesetzen für Wissenschaftler/innen andererseits erfahrungsgemäß eine unglaubliche Kreativität erfordert, ist ein interessantes Paradox, das darin seine Erklärung findet, dass wir von unserer Welt ein inneres Modell erzeugen, um dann zu prüfen, ob es mit der realen Welt übereinstimmt.

5. Theorie und Katalyse

Katalysen haben nicht nur zufällig eine große Ähnlichkeit mit den Theorien der Wissenschaft. Letztere katalysieren sozusagen Problemlösungen ohne sich zu verbrauchen.

Betrachten wir beispielsweise einen Begriff aus der Mechanik, wie den der Kraft. Kaum hatte man in der Theorie erkannt, dass Kraft das Produkt von Masse und Beschleunigung ist ($K = M \times B$), zeigte sich in beeindruckender Weise, dass dies grundsätzlich und ausnahmslos für alle Kräfte der Mechanik galt. Man sprach tief beeindruckt von einem Naturgesetz, das in der Biomechanik, Feinmechanik, Himmelsmechanik, Quantenmechanik oder Strömungsmechanik gleichermaßen galt. Das ging so weit, dass man im Laplaceschen Dämon davon ausging, dass alle Vorgänge in diesem Universum entsprechend determiniert sind, und der Zufall, bis zur Entdeckung des Maxwellschen Dämons in der Wissenschaft ausgeschlossen wurde. Auch Einstein war noch stark vom Determinismus beeinflusst, als er schrieb: „Das, wobei unsere Berechnungen versagen, nennen wir Zufall. Zufall ist nur der Ausdruck unserer Unfähigkeit, den Dingen auf den Grund zu kommen.“ und weit bekannter ist sein lapidarer Satz: „Ich kann nicht glauben, dass Gott mit dem Würfel spielt“.

Als Zufall bezeichnet man im allgemeinen das Eintreten unvorhergesehener Ereignisse. Der Grund dafür kann zwar durchaus sein, dass unser Wissen nicht ausreicht, um die Ereignisse vorhersehen zu können, er kann aber auch darin liegen, dass die Ereignisse grundsätzlich nicht präziser vorhersehbar sind. Diese Möglichkeit hat man allerdings lange, bis zur Aufgabe des Determinismus, der Erkenntnis der Chaostheorie und der Informationstheorie, für ausgeschlossen gehalten, nicht zuletzt darum, weil es nur schwer verständlich war, dass ein Schöpfer dieses Universums unter dieser Bedingung alle Ereignisse in dieser Welt schon vorhersehen konnte. Auch dieses Beispiel zeigt die lang anhaltende starke Dominanz christlichen Denkens in unserer Wissenschaft.

Die Definition für den Zufall muss daher heute lauten, dass wir Ereignisse als zufällig ansehen, die bei einer Ursache mehr als ein Resultat zulassen.

Dabei ist es wichtig anzumerken, dass zufällige Ereignisse nicht beliebig viele Möglichkeiten eröffnen, sondern beispielsweise, wie beim Würfel, nur sechs Möglichkeiten. Das impliziert, dass der Zufall auch nicht unendlich viele Szenarien zulässt. Während der Würfel ein Beispiel dafür ist, dass von den sechs Möglichkeiten alle die gleiche Wahrscheinlichkeit haben, sind die meisten Freiheitsgrade bzw. Möglichkeiten in der Natur durch sehr unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten gekennzeichnet. Entsprechend der Informationstheorie ist es sogar so, dass alle Strukturen nichts anderes sind als Wahrscheinlichkeiten.

Der Zufall erweitert damit den monokausalen lediglich in einen begrenzt polykausalen Determinismus. So können sich Menschen in ihrem Leben weitgehend frei entscheiden, trotzdem endet ihr Leben mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit mit ihrem Tod.

Es gehört somit zu den zahlreichen unerlaubten Vereinfachungen anzunehmen, dass der Zufall in der Welt das Weltgeschehen grundsätzlich unvorhersehbar macht. Damit entsteht eine Situation, die für viele Menschen unvorstellbar ist. Trotz des menschlichen freien Willens, ist der Verlauf des Universums in bestimmten Grenzen voraussagbar.

Im Zusammenhang mit dem Determinismus brach zwangsläufig auch eine Diskussion darüber aus, ob das Phänomen des Lebens allein aus physikalischen und chemischen Gesetzen heraus erklärbar ist, oder ob es hier noch einer weiteren Prämisse, wie der Seele, der Entelechie, dem *élan vital*, der Orthogenese, Teleologie, Teleonomie etc. bedarf. Erst die Informationstheorie hat in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts die Voraussetzung geschaffen, dass man die Bedeutung und das Wirken des Lebens (mit den drei essentiellen Eigenschaften Selbstreproduktion, Metabolismus und Irritabilität), auf der Basis der Informations- bzw. Wissensspeicherung verstehen konnte.

Sowohl für die einfache Gleichung $K = M \times B$ der Mechanik, als auch für die der Informationstheorie, $-H = \sum p_i \times \log p_i$, in der $H = \text{Eta}$ für Entropie und damit für den mittleren Informationsgehalt einer Nachricht steht,

Σ = Summe des nachfolgenden Ausdrucks,

p_i = die Wahrscheinlichkeit mit der die jeweiligen Zeichen dieser Nachricht eintreffen und

\log = Logarithmus zur Basis 2

ist klar ausgedrückt, dass die Größen K bzw. H eindeutig in Beziehung zu den anderen Gleichungsgrößen stehen. Im Sinne R. M. Holm-Hadullas Neukombination sind solche Gleichungen ohnehin nichts anderes als mathematisch festgelegte Assoziationen von Informationen. Wobei in der Wissenschaft allerdings hinzukommt, dass diese Neukombinationen, Assoziationen bzw. Relationen einer Begründung bedürfen. Diese kann auf Kausalität, auf Logik oder auf Erfahrung beruhen. Diese Erkenntnis bestätigt damit auch die Aussage, Wissen ist begründete Information¹² bzw. *knowledge is evidence based information*. Der Unterschied zwischen Erfahrung und Logik ist dabei eigentlich nur der, dass wir in der Logik bestimmte Erfahrungen in immer gleiche mathematische Beziehungen fassen können, und dass Kausalität den Beziehungen feste Richtungen gibt. So lange wir gleichberechtigt $K = M \times B$; $M = K / B$ oder $B = K / M$ schreiben können, wissen wir nicht, welche Größen die anderen ursächlich bedingen.

12 Umstätter, W., Die evolutionstrategische Entstehung von Wissen. – In: Fortschritte in der Wissensorganisation Band 2 (FW-2), Hrsg., Deutsche Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation e.V. Indeks Verlag 1992. S. 1 – 11.

Die Tatsache, dass wir uns an viele dieser Beziehungen in mathematischen Gleichungen im Laufe der Zeit gewöhnt haben, und sie immer wieder als hilfreich erfuhren, ist aber noch kein Kriterium dafür, dass wir die dahinter stehenden kreativen Ideen wirklich geistig durchdrungen haben. Es zeigte sich im letzten Jahrhundert bei genauer Analyse vielmehr, dass wir im allgemeinen gar nicht wissen, was das Wesen der Masse M wirklich ist, als wir aus der Relativitätstheorie heraus erkennen mussten, dass schwere Masse und träge Masse Funktionen der Geschwindigkeit sind. Auch an den Gedanken, dass Information nur ein Maß der Ordnung, bzw. Entropie, also das der Unordnung ist, und dass sie somit nur eine Frage der Wahrscheinlichkeit ist, konnten sich bisher nur erstaunlich wenig Menschen gewöhnen.

Obwohl die Entdeckung der Informationstheorie wiederholt Kreativität erforderte, da sie bei Boltzmann (Thermodynamik), Fisher (Statistik), Nyquist (Nachrichtentechnik), Shannon (Dechiffrierung) oder Wiener (Filtertheorie) aus recht verschiedenen Gründen sozusagen jeweils neu entdeckt wurde, ist es natürlich kein Zufall, dass ihr der Durchbruch im zweiten Weltkrieg gelang. Hier war es die Einsicht in das faktische, dass die Formel für den mittleren Informationsgehalt in der Nachrichtentechnik, in der Codierung und Decodierung von Geheimsprachen und in der Abwehr beweglicher Ziele, immer wieder gute Dienste leistete.

Dass Boltzmanns Eta-Theorem sich dabei auf eine binäre Betrachtung Shannons, auf die Entdeckung der Redundanz und einen logarithmischen Maßstab bei der Information (im Gegensatz zu allen anderen linearen Maßsystemen wie Meter, Kilogramm, Sekunde, etc.) hin bewegte, ist bis heute in weiten Kreisen der Informationswissenschaft unverstanden. Nobert Wiener bemerkte dazu süffisant, „*Shannon loves the discrete and eschews the continuum.*“¹³ Mit anderen Worten, Shannon ersetzte die Summe der infinitesimalen Quantitäten der Boltzmannschen Integrale durch das Summenzeichen für ganze Zahlen, als wäre er zu einer Mathematik mit Integralen nicht fähig. In Wirklichkeit, war es aber ein höchst kreativer Gedanke Shannons, an den sich ein begabter Mathematiker wie Wiener nicht gewöhnen wollte. Formal vereinfachte also Shannon nur das H-Theorem über Ja-Nein-Entscheidungen auf ganze Zahlen. Das war in gewisser Hinsicht nicht nur kreativ, es war gerade in seiner Einfachheit so genial, dass es bis heute kaum jemand glauben kann. Denn schon darum haben viele Menschen Zweifel, dass die Informationstheorie die Grundlage all unseres Denkens sein kann, obwohl wir seit über hundert Jahren durch Max Planck wissen, dass das gesamte Universum gequantelt ist.

13 Wiener, N., *L'm a Mathematician*. Doubleday. New York 1956. S. 263.

Bezüglich der deterministischen Weltanschauung Einsteins muss an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass dieses große Genie seiner Zeit, sowohl durch die Kritik an Boltzmanns Theorie, in der er schrieb: „Die Gleichung $S = (R/N) \lg W + \text{konst.}$ erscheint ohne Beigabe einer Elementartheorie oder – wie man es auch wohl ausdrücken kann – vom phänomenologischen Standpunkt aus betrachtet inhaltslos.“¹⁴, als auch durch das Ignorieren der gesamten folgenden Entwicklung der Informationstheorie, zeigte, dass er für die Adaption seiner Vorstellungen an diese neue Gedankenwelt nicht bereit war.

Es waren also nicht immer die kreativen Gedanken, die sich in der Wissenschaftswelt ausbreiteten, sondern lediglich die Beziehungen, die in den Gleichungen festgeschrieben waren. Insbesondere dort, wo diese nicht ignoriert werden konnten.

Das zeigt deutlich, dass sich die Informationstheorie nur so rasant ausbreiten konnte, weil ihre Formel immer wieder abgeschrieben (kopiert) und auf diverse Probleme der Biochemie, der Neurologie, der Informatik, der Datenübertragung etc. erfolgreich angewandt werden konnte. Diese Formel wirkte wie ein Katalysator für zahlreiche Problemlösungen. Der eigentlich kreative Gedanke wurde aber nur selten wirklich nachvollzogen bzw. hinterfragt. Im Gegenteil, es gibt zahllose Belege in der Literatur, die deutlich zeigen, dass Informationswissenschaftler, von Laien ganz abgesehen, die Theorie nutzen und gleichzeitig bezweifeln, dass sie überhaupt richtig ist. So liest man wiederholt, sie sei nur im Technikbereich der Computer gültig, ohne zu wissen, dass sie ursprünglich der Thermodynamik entsprang und dann grundsätzlich auf jede Information anwendbar war. Der essentiell wichtige, und im eigentlichen Sinne kreative Satz bei Shannon und bei Weaver: „*In particular, information must not be confused with meaning*“ blieb bis heute in zahlreichen Publikationen zur Informationstheorie unverstanden – nicht zuletzt darum, weil Information mit Interpretation¹⁵ bzw. die Informationstheorie mit der Semiotik immer wieder verwechselt wird.¹⁶

Daraus ergibt sich auch die wichtige Erkenntnis, dass es bei vielen Theorien unerheblich ist, wie weit sie verstanden wurden, solange die darin enthaltenen Gleichungen richtig eingesetzt werden. Obwohl also Theorien in der Wissen-

14 Einstein, A., Theorie der Opaleszenz von homogenen Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemischen in der Nähe des kritischen Zustandes. –In: Annalen der Physik (Leipzig). 33(1910), S. 1275 – 1298.

15 Umstätter, W., Schrift, Information, Interpretation und Wissen. – In: Bibliothek: Forschung und Praxis (München). 16(1992)2, S. 264 – 266.

16 Umstätter, W., Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum. Bibliotheken als Bildungs- und Machtfaktor der modernen Gesellschaft. Berlin: Simon Verlag für Bibliothekswissen 2009. S. 112 ff.

schaft wie Katalysatoren im Energiehaushalt der Natur, bzw. die Enzyme in Lebewesen wirken, sind es weniger die kreativen Ideen die dahinter stecken und die ihre Ausbreitung fördern, als viel mehr ihre Reproduzierbarkeit. Je leichter eine Theorie unverändert mit Erfolg übernommen und angewandt werden kann, desto rascher breitet sie sich aus.

Schon aus Zeitmangel sparen sich die meisten Anwender einer Theorie deren gedankliche Durchdringung des dahinter stehenden kreativen Gedankens, solange sie mit dem Ergebnis der Theorie erfolgreich arbeiten können. Das ist nicht gefahrlos und hat auch schon zu zahlreichen Sackgassen in der Wissenschaft geführt, ist aber Teil der Versuch-und-Irrtums-Strategie unseres geistigen Fortschritts.

In gewisser Hinsicht arbeitet die gesamte Quantenmechanik auf dieser Basis, so dass ihre Vertreter mit den mathematisch begründeten Gleichungen erfolgreich arbeiten, ohne aber das dahinter stehende Prinzip verstanden zu haben.¹⁷ Hier finden wir also ein Gedankengebäude vor, zu dem uns seit über einem Jahrhundert ein umfassend kreativer Erklärungsansatz fehlt.

6. *Dialogus de ludo Globi*¹⁸

Schon die Kugelform der Erde war zu dieser Problematik ein erhellendes Beispiel. So lange die Menschheit mit der Vorstellung der Erde als Scheibe problemlos lebte, erschien es den Zeitgenossen weniger kreativ als absurd, sich die Welt als Kugel zu denken. Die gesamte flächige Trigonometrie funktionierte im Rahmen der damaligen Messgenauigkeit störungsfrei. Es war wahrscheinlicher an eine optische Täuschung zu glauben, als daran, dass das Meer am Horizont eine erkennbare Krümmung aufweist. Auch das allbekannte Schulbeispiel, dass man bei Schiffen, die am Horizont verschwinden, am Schluss nur noch die Segel bzw. Schornsteine sieht, ist sicher von vielen Lehrern, die dies ihren Schülern erzählen, nicht selbstkritisch genug beobachtet worden, sonst wüssten sie, dass die Luftfeuchte über dem Wasser diese Beobachtung, ähnlich einer Fata Morgana, verzerrt. Sogar die Beobachtung des griechischen Bibliothekars Erathostenes über die unterschiedliche Sonneneinstrahlung in Syene und Alexandria, enthält im

17 Einstein, A., in: Gegen die stochastische Deutung: "Die Quantenmechanik ist sehr achtunggebietend. Aber eine innere Stimme sagt mir, daß das noch nicht der wahre Jakob ist. Die Theorie liefert viel, aber dem Geheimnis des Alten bringt sie uns kaum näher. Jedenfalls bin ich überzeugt, daß der Alte nicht würfelt." (1926). Bohr, N. bei seinem Nobelpreis: "Wer über die Quantentheorie nicht entsetzt ist, der hat sie nicht verstanden." (1922).

18 Nikolaus von Kues: Gespräch über das Globuspiel. (1463).

Prinzip eine unerlaubte Vereinfachung, die davon ausgeht, dass die Erdkrümmung, die er zwischen diesen beiden Punkten abgeschätzt hatte, problemlos um das fünfzigfache extrapolierbar sei. Auch wenn wir heute wissen, dass diese in erster Näherung der Realität entsprach, so wäre die Kreation eines neuen Weltbildes für die damalige Zeit eher kühn gewesen, als wissenschaftlich. Erst unter der erdrückenden Last an Erfahrungen der Seefahrer zur Zeit des Christoph Columbus (1492), wurde die Kugelform für die Erde, den Mond, die Sonne, die Planeten etc. immer wahrscheinlicher.

Auch hier kann man festhalten, dass die Vorstellung der Kugelform sich weniger deshalb ausbreitete, weil sie so attraktiv kreativ erschien, als vielmehr darum, weil sie zunehmend unausweichlich wurde. Dies machte schon der *Dialogus de ludo globi* von Nikolaus von Kues 1463 deutlich. Gegen diese Vorstellung vorzugehen wurde letztendlich auch für die Kirche immer erfolgloser – trotz Inquisition.

7. *Kreativität mit unzureichenden Wissen*

In den Fällen, in denen zwei oder mehr konkurrierende Problemlösungen existieren, gibt es erfahrungsgemäß massiven Streit, welcher der Lösungsansätze bevorzugt werden soll. Als die Kreativitätsforschung durch Joy P. Guilfords Vortrag über *Creativity* im Jahre 1950 vor der *American Psychological Association* begann, weil er den Mangel an kreativen Personen in Wissenschaft und Wirtschaft in den USA beklagte, kam er auch zu der Ansicht, dass etliche der Probleme zahlreiche Problemlösungen zulassen. Das gilt natürlich insbesondere in den Bereichen, in denen wir weniger wirkliches Wissen und nur vage Einschätzungen haben. Wie weit die kreativen Ideen der wissenschaftlichen Logik dann standhalten, muss sicher sorgfältig hinterfragt werden. So gibt es zahlreiche Tricks ein Produkt möglichst gewinnbringend zu verkaufen, und über den besten Weg dorthin, lässt sich trefflich streiten. Für unsere Fragestellung hier ist aber wichtiger, wie weit sich damit die verschiedenen Problemlösungsansätze gegenseitig in ihrer Anwendbarkeit und Ausbreitungsgeschwindigkeit behindern bzw. fördern. Seitens der Politik übernehmen dann verschiedene Interessengruppen erfahrungsgemäß über ihre Lobbyarbeit und die Einflussnahme von Massenmedien die Regie. Wer sich da durchsetzt, ist bekanntlich weniger eine Frage des Wissens, als der Einflussnahme. Ein schönes Beispiel dafür ist die globale Erwärmung und ihre Ursachenforschung, wo anstelle einer wissenschaftlichen Entscheidung inzwischen eher nach Mehrheiten (nicht nur) in der wissenschaftlichen *Community* gesucht wird. Ein eher abenteuerliches Unterfangen, wenn man sich daran erinnert, wie oft in der Wissenschaft schon Mehrheiten in die Irre führten.

Ohne Zweifel vervielfachen die Massenmedien damit die Kenntnis der angebotenen Problemlösungen, ob sie allerdings bei den Lesern auf das entsprechende Substrat, im Sinne der Katalyse treffen, ist eine andere Frage. Im Gegenteil, die Massenmedien versuchen viel mehr die Neigungen ihrer Leser zu bedienen, als deren Wissen zu erhöhen, auch dann, wenn sie auf längere Sicht in die Irre führen.

Es sind weniger die kreativen Ideen, die in der Wissenschaft zur Ausbreitung neuer Theorien führen, als vielmehr ihre Konsequenzen. Erst beim Erreichen der nächsten Krise, wird diese dann als Chance zum Neubeginn genutzt. Dass uns die Kreativität trotzdem so wichtig erscheint, liegt daran, dass wir meist unzähliger neuer Hypothesen bedürfen, bevor wir eine tragfähige Theorie finden.

Neu oder auch kreativ ist im Sinne Einsteins also vieles, anschlussfähig im Sinne Heines nur ein äußerst geringer Teil davon. Das ist auch in der biologischen Evolution zu beobachten, wo es unzählige Mutationen gibt, von denen nur verschwindend wenige zu einem wirklich evolutionären Fortschritt führen.

Wir erkennen auch immer wieder, dass es beim Fortschritt der Wissenschaft weit weniger um Kreativität, als um das Sammeln, Ordnen und Verfügbar machen von Beobachtungen geht. Das wurde im *Systema Naturae* von Carl von Linné 1735 besonders deutlich, als er für die Sammlung aller zu seiner Zeit bekannten Lebewesen ein entscheidendes ordnendes Prinzip einführte, die Sexualität. Die Entdeckung des chemischen Periodensystems ist dazu ein ganz ähnliches Beispiel. Hier könnte man zwar von höchst kreativen Gedanken sprechen, es waren aber mehr Erkenntnisse der damaligen Zeit, denn nachdem Rudolf Jakob Camerarius 1694 die Sexualität der Pflanzen in Tübingen entdeckt hatte und Linné über Sébastien Vaillant (1718) davon Kenntnis gewann, hatten auch schon Nehemia Grew, Samuel Morland, Richard Bradley, Patrick Blair, Claude-Joseph Geoffroy und Antoine de Jussieu sich mit dieser Frage beschäftigt. Ganz ähnlich haben J. Dalton (1808), Mendelejew, Robert Mayer (1896) beziehungsweise H. G. Moseley (1913) das Periodensystem der chemischen Elemente systematisiert. Sie haben große Mengen an Daten gesammelt, nach verschiedenen Kriterien geordnet und systematisiert.

Auch hier haben die Computer in den letzten Jahrzehnten einen großen Beitrag zur Kreativitätsförderung geleistet, in dem schwindelerregend große Mengen an Daten in Datenbanken gesammelt beliebig geordnet und systematisiert werden konnten. So betrachtet ist die wissenschaftliche Kreativität die Kunst herauszufinden, welche Probleme mit den Mitteln und Möglichkeiten der jeweiligen Zeit gerade lösbar sind.

Linné brachte also zwei Ideen, die zu seiner Zeit *en vogue* waren zusammen und entwickelte damit einen kreativen Gedanken, der auf zahlreiche gleichartig

denkende Menschen traf, die alle zusammen eine kritische Masse an potentieller Erkenntnis bildeten.

So betrachtet erscheint uns in der Wissenschaft die Kreativität doch nur eine sehr untergeordnete Rolle zu spielen, sie ist eigentlich nur eine große Sammlung gewagter Assoziationen, zu denen aber im Anschluss gut begründete Erklärungen gesucht werden müssen, wenn sie wissenschaftlichen Standards genügen sollen.

Trotzdem erscheint uns die Phantasie als so wichtig, weil die selbstverständlichsten Gedanken uns revolutionär anmuten, wenn wir nicht an sie gewöhnt sind. So dass es unseren Vorfahren schon eine erhebliche „Kreativität“ abverlangte, wenn sie sich an den Gedanken einer Erdkugel, einer Evolution, eines Welle-Teilchen-Photons und so weiter gewöhnen sollten. Es war also eher das Problem der Adaption an unausweichliche Erkenntnisse, als eine Kreation neuer Ideen, wobei die jeweils neue Theorie den Übergang von einer alten zu einer neuen Vorstellung, wie ein Enzym erleichtert.

Thomas S. Kuhn nannte das bekanntlich einen Paradigmenwechsel, was in Wirklichkeit nur eine Gewöhnung an unausweichliches ist. Wie unausweichlich eine neue Theorie ist, ergibt sich in erster Linie aus ihrer jeweiligen Verwendbarkeit.

8. *Ausbreitung kreativer Ideen*

Goffman¹⁹, Garfield²⁰ und andere²¹ haben immer wieder aufgezeigt, dass sich Theorien und Innovationen epidemologisch ausbreiten. Im Gegensatz zu einer diffundierenden Ausbreitung²² ist die katalytische bzw. epidemologische durch ein anderes Gefälle, mit einem *long tail*, vom Zentrum her gekennzeichnet, so wie wir es im *Bradford's Law of Scattering* beobachten.²³ Bezüglich der Wiederbe-

19 Goffman, W., *Mathematical approach to the spread of scientific ideas*. 1966.

20 Garfield, E., *The Epidemiology of Knowledge and the Spread of Scientific-Information*. – In: *Current Contents*. 35 (1980), S. 5 – 10.

21 *The Growth of Scientific Ideas*. Contributors: William P. D. Wightman - author. Publisher: Yale University Press. Place of Publication: New Haven, (1953).

22 Meadows, A. J., *Diffusion of Information Across the Science*. – *Interdisciplinary Science Reviews* 1 (3) (1976) S. 259 – 267.

23 Umstätter, W., *Bibliothekswissenschaft als Teil der Wissenschaftswissenschaft – unter dem Aspekt der Intediziplinarität*. – In: *Interdisziplinarität – Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey. Hrsg. Walter Umstätter u. Karl-Friedrich Wessel, Bielefeld: Kleine Verlag 1999. S. 146 – 160.

lebung des Diffusionsmodells benutzen nicht nur Rousseau, R. und andere²⁴ eine etwas eigenwillige Definition von Diffusion.

Davon abgesehen, können wir vier wichtige Modellvorstellungen in der Ausbreitung von Ideen betrachten.

1. Bei der Diffusion haben wir eine bestimmte Menge einer Substanz (Publicationen einer Idee) im Zentrum einer Lösung, die sich langsam über den gesamten Lösungsraum ausbreitet.

2. Bei der Epidemie haben wir einen infizierten Herd (Leser einer publizierten Idee), der Individuen in seiner Umgebung infiziert, die alle zu neuen Infektionsherden werden. Dabei ist die Geschwindigkeit von der Übertragungsform und der Mobilität der Infektionsträger (wie rasch publizieren die infizierten Leser etwas zu dieser Problematik) bestimmt.

3. Bei der Katalyse haben wir zwei bestimmte Mengen, die des Katalysators (die Idee), die im Michaelis-Menten-Mechanismus die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmt und die der Substratkonzentration (Leser, die diese Idee verstehen bzw. nutzen können), wobei das Substrat (die Vorbildung der Leser) alle Voraussetzungen mitbringen muss, um mit dem Katalysator zu reagieren.

4. Bei der Autokatalyse haben wir zusätzlich eine wachsende Mengen des Katalysators, (eine Idee, die in neuen Ideen virulent werden) der sich aus der Katalyse heraus sozusagen selbst vermehrt, so wie sich unser Wissen in der Welt auch konsequent selbst vermehrt und erweitert. Besonders hervorzuheben sind die autokatalytisch entstehenden Enzyme in den Lebewesen, deren Aktivitätsmuster auf der DNS genau festgelegt sind.

Damit eine Katalyse eine sichtbare Reaktion zeigt ist eine ausreichende Substratkonzentration erforderlich, um sich selbst immer wieder zu initiieren, braucht sie ähnlich der Kettenreaktion bei einer Atomspaltung eine kritischen Masse, wobei Thomas S. Kuhn für seinen Paradigmenwechsel²⁵ eher eine kritische Masse an Problemen in einer Theorie, als den Auslöser für einen Paradigmenwechsel verstand. Kuhn hatte seine Erfahrungen aus der Zeit der *Little Science* gewonnen, während heute immer mehr die *Big Science* dominiert. Sie ist hauptsächlich durch Projektforschung gekennzeichnet, was einerseits zur Folge hat, dass zur Realisierung einer kreativen Idee genügend Geldgeber gefunden werden müssen, während in der *Little Science* der Wissenschaftler, der eine kreative Idee hatte, diese weitgehend aus seinen eigenen Mitteln heraus prüfen konnte. Andererseits ist

24 Rousseau, R. / Liu, Y./ Ye, F. Y., A preliminary investigation on diffusion through a layered system. – In: *Journal of Informetrics*. 6(2012), S. 177 – 191.

25 Tsantis, L., Technology as the Catalyst http://education.jhu.edu/newhorizons/future/creating_the_future/crfut_tsantis.cfm

es in der *Big Science* immer häufiger, dass die Gesellschaft selbst Problemlösungen fordert und finanziert²⁶, die dann von den Wissenschaftlern geliefert werden sollen. Ein klassischer Fall der *Big Science* war der Flug zum Mond, den die Gesellschaft bzw. die amerikanische Regierung forderte, um ihn dann erst zu realisieren. In der *Little Science* vor ~1950 war es typisch, dass Wissenschaftler Probleme erkannten und lösten, die von der Gesellschaft oft erst Jahrzehnte später akzeptiert wurden, während in der *Big Science* die Gesellschaft immer öfter die Lösung von Problemen wünscht, die die Wissenschaft mit immer mehr Zeitaufwand und Kosten lösen soll.

Vergleicht man die Modellvorstellungen mit unseren bibliometrischen Beobachtungen, was Th. S. Kuhn kaum möglich war, so erkennt man, dass je größer der *Impact Factor* einer Zeitschrift ist, desto wahrscheinlicher wird es, dass eine kreative Idee dort zur Kenntnis genommen wird (erhöhte Zahl an Katalysatoren).

Je einfacher und zwingender das Ergebnis einer Theorie für Leser dieser Theorie ist, um so leichter wird sie akzeptiert (erhöhte Menge an Substrat).

Je umstrittener eine kreative Idee ist, desto rascher wird sie zur Kenntnis genommen (erhöhte Zahl an Katalysatoren und Substraten). Darum haben viel zitierte Arbeiten auch eine erhöhte Chance nobelpreisträchtig zu sein (Garfield, E.)²⁷.

Im SIR Modell (*susceptible–infected–recovered-model*) für Epidemien entspricht der *susceptible* Anteil den inversen Substratmengen in der Katalyse, der *infected* Anteil dem Enzym-Substrat-Komplex (Publikationsaufkommen) und der *recovered* Anteil dem enzymatischen Reaktionsprodukt (der zunehmenden *uncitedness* III Garfields – allgemein bekanntes wird nicht mehr zitiert).²⁸

Während die Akzeptanz einer neuen Theorie eine ausreichende Vorbildung erfordert, sinkt im epidemiologischen Modell die Suszeptibilität mit dem Immunsystem, während in der Katalyse die Substratkonzentration sinkt.

Darum gibt es mehrere Varianten des SIR-Modells, die die komplizierte Immunologie zu berücksichtigen versuchen, und die die Übertragbarkeit auf die Szientometrie sehr beliebig macht.

26 Umstätter, W., Die Zukunft der Sportdokumentation. – In: dvs-Informationen / Hrsg. v. d. Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft e.V. 2(1995), S. 6 – 10.

27 Garfield, E. / Malin, M.V., Can Nobel Prize Winners be Predicted? Paper presented at 135th Annual Meeting, American Association for the Advancement of Science, Dallas, Texas – December 26-31, (1968).

28 Garfield, E., Uncitedness III - The importance of not being cited. – In: Current Contents 8, Februar 1973, S. 5 – 6.

Da Mehrfachentdeckungen in der Wissenschaft häufiger sind, als oft angenommen (siehe de Solla Price)²⁹, können diese als eine erhöhte Zahl an Katalysatoren und eine erhöhte Zahl an Substrat angesehen werden.

Eine Theorie vermehrt sich dadurch, dass immer mehr ihrer Kopien (oft auch fehlerhafte) publiziert werden, die auf Menschen treffen, die als Substrat alle Voraussetzungen mitbringen müssen, damit die Theorie wirksam werden kann. Sie brauchen die entsprechende Vorbildung. Dazu gehört sowohl, dass man beispielsweise lesen kann, in vielen Fällen auch, dass man ausreichend mathematische Kenntnisse besitzt, und dass ein ausreichendes Repertoire an Fachtermini bekannt ist. Hinzu kommt ein notwendiges Interesse an der entsprechenden neuen Theorie, mit der Hoffnung, dass sie für eine eigene Problemlösung wichtig sein könnte. Diese Neugier ist insbesondere in Deutschland ein erhebliches Problem, da sowohl zur Zeit des Nationalsozialismus, als auch in der Zeit des Kommunismus, eine unübersehbare Euphorie bezüglich eines Fortschrittgedankens herrschte, der aber in beiden Fällen zu starken Enttäuschungen führte, so dass heute große Teile der Bevölkerung zu Fortschrittspessimismus und nicht selten auch zu Technologiefeindlichkeit neigen. Die Folge ist, dass kreative Ideen aus Deutschland nicht selten erst über das Ausland ihre Verbreitung finden. Das zeigt sich auch daran, dass immer mehr Autoren in englisch publizieren, mit der Hoffnung, damit eine raschere Ausbreitung ihrer Ideen zu erreichen. Ein anderer Ausweg aus diesem Dilemma ist der Erfindergeist, bei dem zahlreiche kreative Ideen beispielsweise als Innovationen in Autos oder andere Maschinen eingebaut werden. So mussten sich die innovationsfeindlichen Gegner des ABS-Systems oder auch des Airbags beispielsweise, nach dem die Bilanz von getöteten und geretteten Menschen eindeutig zu Gunsten der noch Lebenden entschieden war, diesen Innovationen gegenüber zurückhaltender Äußern. Hier, noch stärker als bei Theorien, sind es also nicht die kreativen Ideen, die sich in die allgemeine Bevölkerung hinein Bahn brechen, sondern die schlichten Fakten, die sich aus diesen Ideen ergeben.

Ganz im Sinne des Bildungsgedankens in der Zeit der Aufklärung, muss also für die betroffene Öffentlichkeit eine ausreichende Neugier und Allgemeinbildung vorhanden sein, damit sich zeitgemäße innovative Ideen ausbreiten können. Diese Voraussetzung ist in der *Big Science* besonders wichtig.

29 de Solla Price, D. J., *Little Science, Big Science*. Suhrkamp Taschenbuch (1974) S. 79.

9. *Individuelle versus kooperative Kreativität*

Die höchst individuelle Kreativität von Menschen, auch als Genialität bezeichnet, hat man wiederholt zu ergründen, professionalisieren und zu beschleunigen versucht, in dem man ganze Gruppen von kreativen Köpfen zusammenbrachte um das sogenannte Brainstorming hervorzurufen. Diese von Alex Osborn³⁰ entwickelte Technik, bei der Einfälle zu einer Problemlösung gesucht werden, fordert alle Teilnehmer zu möglichst vielen Ideen, zunächst ohne Kritik und Qualitätsanspruch auf. Mittlerweile gibt es eine ganze Reihe von Abwandlungen der Technik wie imaginäres Brainstorming, Brainwriting, Creatology, Ideonomy, Mind Mapping, Methode 635, Synectics u.a. In gewisser Hinsicht kann auch die Delphimethode als ein Brainstorming von Experten mit unterschiedlicher Spezialisierung verstanden werden. Sie war sozusagen ein Kind des zweiten Weltkriegs und stand damit nicht zufällig am Beginn der *Big Science*. Dabei wird oft übersehen, dass die individuelle und die Gruppenkreativität beide nur auf bestimmte Problemkreise beschränkt sind. So kann man die Genialität eines Wissenschaftlers nicht beliebig durch das Wissen eines Expertenkonsortiums ersetzen und *vice versa*.

Eine Zeit lang versuchte man die Kreativität von Personen auch durch die Fähigkeit zur *Serendipity*³¹ mit Hilfe von „*remote associations*“ zu ermitteln. Das kritische Ereignis, das letztendlich die Kreativitätsforschung voranbrachte, war aber 1957 der Sputnik-Schock, der bekanntlich auch den Weinberg Report und damit die Online-Revolution hervorbrachten. Der Sputnik-Schock machte schlagartig deutlich, dass der Vorsprung der US-amerikanischen Wissenschaft gegenüber den UdSSR sich verringert hatte. Dies führte allerdings nur insofern zu einer Infrastruktur der Kreativitätssteigerung, als die Retrievalsysteme sozusagen die Assoziationen wissenschaftlicher Erkenntnisse massiv förderten. So fand man beispielsweise in MEDLARS auf Knopfdruck etliches zum Thema Peptide mit opioider Wirkung, später Endorphine genannt. Zunächst waren solche Datenbanken zur Vermeidung von überflüssiger Doppelarbeit in der neu entstandene

30 Osborn, A. F., *Applied imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving*. New York: Charles Scribner's Sons 1953.

31 Remer, Th. G., ed. *Serendipity and the Three Princes, from the Peregrinaggio of 1557*. Edited, with an Introduction and Notes, by Theodore G. Remer. Preface by W. S. Lewis. University of Oklahoma Press 1965.

Online-Revolution gedacht.³² In Realität erleichterten sie aber die zur Kreativität notwendige Sammlung aller Fakten und Theorien zu einem Thema erheblich.

Die Fähigkeit zur Erzeugung außergewöhnlicher Ideen, wie in Guilfords Testmethoden zum divergenten Denken (1959) oder in *Torrences Minnesota Test of Creative Thinking* (1962) stand im Vordergrund der damaligen Kreativitätsfördernden Überlegungen.

10. *Was ist ein Problem*

Probleme, insbesondere wissenschaftliche Probleme, sind Fragen, die wir zunächst nicht beantworten können. Oft erscheinen sie uns in dieser Situation sogar unlösbar, während ihre Beantwortung uns nach der Problemlösung geradezu selbstverständlich erscheint, was wir als Pädagogisches Perzeptionsparadox³³ bezeichnen können. Dieses Paradox ist insbesondere in der Pädagogik von großer Bedeutung, weil seit unzähligen Generationen diejenigen, die ein Problem bereits gelöst haben oft nur wenig Verständnis dafür zeigen, dass es noch Menschen gibt, die es für unlösbar halten.

Jedes Problem besteht im Prinzip aus zwei Teilen,

1. der Problemerkennntnis, also der Entdeckung wo ein bestimmtes Dilemma oder eine noch offene Frage liegt, und

2. der Problemlösung.

Ob wir ein Problem als solches erkennen, ist eine Frage der Identifikation des damit verbundenen Fragenkomplexes, von dem wir hoffen, seine Komplexität zu verstehen und auch *state-of-the-art* lösen zu können. Oft beinhaltet die Analyse dessen, wo das eigentliche Problem liegt auch schon weitgehend seine Lösung. Jede wissenschaftliche Problemlösung erfordert damit zunächst eine möglichst klare Begrifflichkeit, aus der sich der Fragenkomplex zusammensetzt. Wobei auch Gruppen von Spezialisten nur auf einem ausreichend hohen Niveau diskutieren können, wenn sie sich auf eine gemeinsame Terminologie einigen können. Die eigentliche Problemlösung ist eine Frage der Kreativität, und dann der Prüfung, ob der entscheidende Gedanke auch wirklich logisch, hilfreich oder weiterführend ist.

Da erfahrungsgemäß mit jedem gelösten Problem zwei neue entstehen³⁴ benötigen wir in der Wissenschaftsgesellschaft seit Jahrhunderten immer mehr Wis-

32 Umstätter, W., Die Folgen der Online-Revolution. Begabungsförderung durch Informationskompetenz. – In: Buch und Bibliothek: Forum Bibliothek und Information. 61(2009)10, S. 729 – 732.

33 Umstätter, W., Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum. Berlin: Simon Verlag für Bibliothekswissen 2009. S. 105 ff.

senschaftler, eine Zahl die sich damit etwa alle zwanzig Jahre verdoppelt, und erforderlich macht, dass wir in einer nicht all zu fernen Zukunft, fast nur noch wissenschaftlich ausgebildete Menschen brauchen werden.³⁵

Der Grund, warum wir oft besonders kreative Menschen finden, die nicht nur ein Problem lösen, sondern viele, liegt meist darin, dass diese Menschen, sobald sie in einem entscheidenden Punkt die richtige Erkenntnis gewonnen haben, viele Folgeprobleme fast zwangsläufig mit klären können. Die richtige Theorie katalysiert meist nicht nur ein Problem, sondern etliche verwandte mit.

Kaum wurden beispielsweise die Spiegelneuronen entdeckt, folgte zwangsläufig die Phase, in der geprüft wurde, bei welchen Symptomen, Krankheiten oder Begabungen diese Spezialzellen unseres Nervensystems involviert sind. Es sind Nervenzellen, die auf Ereignisse außerhalb unseres eigenen Körpers so reagieren, als hätten sie bei uns stattgefunden. So aktivieren sie beim hören einer Sprache Nervenzellen in uns, als hätten wir selbst gesprochen. Sie erzeugen sozusagen ein Mitgefühl, etc.

Bezüglich des Brainstormings bzw. der Delphimethode ist noch anzumerken, dass die Interdisziplinarität der Wissenschaft uns in der *Big Science*, bei wachsender Arbeitsteilung, zu immer mehr Zusammenarbeit im Internet zwingt, und damit zu einer vernetzten Kreativität.

11. *Der Überraschungseffekt*

Bruner J. S. hat 1962 Kreativität als Erzeugung effektiver Überraschung beziehungsweise die *production of novelty*³⁶ umschrieben. Das ist zwar keine Definition von Kreativität, da auch Entdeckungen überraschen können, es ist aber richtig, dass insbesondere in der Mode, die Kreativität auf den Überraschungseffekt zielt. In der Wissenschaft ist das nicht viel anders, so dass sich neue Erkenntnisse oft auch nur durch ihren Überraschungseffekt wie ein Lauffeuer herumsprechen. Solche Überraschungen ergeben sich nicht selten als falsch und verschwinden dann mehr oder minder rasch auch wieder aus den aktuellen Publikationen, sie existieren aber in den Bibliotheken weiter und haben schon so manches Unheil angerichtet.

34 Umstätter, W., Die Rolle der Bibliothek im modernen Wissenschaftsmanagement. – In: Humboldt-Spektrum erlin. 2(1995)4 S. 36 – 41.

35 Umstätter, W., Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum. Berlin: Simon Verlag für Bibliothekswissen 2009. S. 290 ff.

36 Bruner, J. S., – In: Gruber, H. E., Terrell, G., Wertheimer, M. (Eds), Contemporary approaches to creative thinking: A symposium held at the University of Colorado. New York: Atherton Press. 1962, S. 1 – 30.

Schluss

Die Kreativität in der Wissenschaft, so wie sie insbesondere zur Zeit des Sputnik Schocks, als Kreativitätsforschung bzw. Kreativitätsförderung in den USA versucht wurde, hat die damals wesentlich revolutionäre Online-Revolution hervorgebracht, die zu zwei wichtigen Erscheinungen führte:

1. dazu dass Recherchen zu einem bestimmten Begriff computerunterstützte Assoziationen erzeugen halfen, wie sie vorher nicht möglich waren.

2. dazu dass sich neue Erkenntnisse auf einem bestimmten Gebiet in den *invisible colleges* rascher ausbreiten konnten.

Daraus weiter entwickelt hat sich die Fließbandproduktion von Wissen,³⁷ deren Kreativitätsförderung in der Wissenschaft nicht unterschätzt werden sollte. Insbesondere in der *Big Science*, in der ganze Forschungsgruppen zusammenarbeiten, kommt es darauf an, dass mehrere kreative Ideen zu einer komplexen Problemlösung zusammengeführt werden.

Das eigentlich Ziel der Online-Revolution, dass überflüssige Doppelarbeit reduziert werden sollte, führte dagegen zu einer neuen Doppelarbeit, die dadurch entstand, dass fast alle Wissenschaftler durch die Online-Recherchen auf den gleichen Wissensstand gebracht werden konnten, so dass sie in der großen Mehrheit auf die gleichen zur Zeit lösbaren Probleme stießen, die sie mit Hilfe der *Big Science* gemeinsam zu lösen versuchten.³⁸ Damit wurden auch immer häufiger ähnliche Projekte gleichzeitig gefördert. Ein Teil der Doppelarbeit wurde folglich zur Kreativitätsförderung in der *Big Science* genutzt, um den wissenschaftlichen Fortschritt immer weiter zu beschleunigen.

37 Umstätter, W., Die Nutzung des Internets zur Fließbandproduktion von Wissen. – In: Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter und Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. 2. Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 297 – 316.

38 Umstätter, W., Qualitätssicherung in wissenschaftlichen Publikationen. – In: Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter, Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. 2. Auflage 2012 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 9 – 50.

Generalisierbare Bedingungen kreativer Forschung

Vor einigen Jahren hat der amerikanische Innovations- und Kreativitätsforscher Dean Keith Simonton¹ ein ernüchterndes Fazit seiner jahrzehntelangen Suche nach Regel und Gesetzmäßigkeiten in wissenschaftlichen Innovationsprozessen gezogen. Simonton unterscheidet vier grundlegende Perspektiven oder Erklärungstypen, unter denen Kreativität und Innovation² untersucht, bzw. unter die sie subsumiert werden können: Logik, Genialität, „Zeitgeist“ und Zufall. Die erste Perspektive ordnet er der Wissenschaftstheorie zu, die zweite der Wissenschaftspsychologie, die dritte der Wissenschaftssoziologie und die vierte der Wissenschaftshistoriografie. Die Begriffe sind natürlich plakativ. Logik heißt bei Simonton nicht formale Logik, sondern einfach die Anwendung der Regeln der Methodologie und des sauberen Argumentierens. Genialität umfasst alle psychologischen Erklärungstypen. „Zeitgeist“ schließt alle soziologisch-institutionellen Erklärungsansätze mit ein, und Zufall bedeutet als Faktor letztlich nur, dass eine vollständige Analyse jeden Fall von Kreativität in der Forschung so komplex macht, dass er nicht mehr typisierbar ist, also nicht mehr unter ein allgemeines Gesetz zu bringen ist.

Nach Simontons Bewertung der Erklärungsleistung dieser Perspektiven haben die ersten drei weitgehend versagt. Als Bestimmungsfaktoren für kreative Forschung spielen Logik, Genialität und „Zeitgeist“ nur eine untergeordnete Rolle.

- 1 Simonton, D. K., *Creativity in Science. Chance, Logic, Genius, and Zeitgeist*. Cambridge: Cambridge University Press 2004.
- 2 Zur Terminologie: Unter Innovation soll hier der Akt oder Prozess der Entdeckung, Erfindung oder Konstruktion von bisher Unbekanntem verstanden werden. Die Reaktionen des Umfeldes, also die Diffusion der entsprechenden Information, die Rezeption oder Nichtrezeption, die Durchsetzung oder das Scheitern am Markt, mögliche Widerstände und Transformationen sind in unserer Terminologie nachgelagerte Aspekte des Innovationsprozesses, die man analytisch und sachlich vom Akt der Erfindung oder Entdeckung trennen kann. Koppelt man beides, dann macht man den Terminus „gescheiterte Innovation“ zu einem Oxymoron. Doch unzweifelhaft gibt es wissens- und wissenschaftssoziologisch hochinteressante Fälle, in denen Entdeckungen oder Innovationen unbeachtet geblieben sind oder sich nicht durchsetzen konnten. Es kann nur das rezipiert und wirksam werden, was in einem primären Akt der Erfindung oder Entdeckung als potentielles Agens von Veränderungen in die Welt gekommen ist.

Der dominante Faktor ist nach Simonton der Zufall, den man methodisch als Residuum interpretieren kann. Dieser Befund klingt dramatischer als er ist. In der sozialwissenschaftlichen Forschung ist es nicht ungewöhnlich, dass sich das Residuum innerhalb einer Regressionsanalyse als stärkster Faktor erweist. Das bedeutet jedoch nicht, dass andere Faktoren irrelevant sind.

Die Wahrscheinlichkeit für eine wissenschaftliche Neuerung, in die Geschichtsbücher einzugehen, ist nach Simonton eine Funktion der Zahl der „trials“ (mathematisch gesprochen der „Würfelversuche“), also in unserem Kontext der zählbaren wissenschaftlichen Leistungen (Publikationen, Vorträge, Patente) der Betreffenden. Je öfter man würfelt, desto größer ist die Chance auf eine sechs. Je öfter man Lotto spielt, desto größer die Chance auf einen Hauptgewinn. Mit nur einer Publikation als Lebensleistung ist die Chance, als Neuerer in die Annalen der Wissenschaften einzugehen, zwar nicht Null, aber ziemlich klein. Wer 200 wissenschaftliche Publikationen hat, den trifft dieses Schicksal schon mit größerer Wahrscheinlichkeit. Mit 1000 oder mehr Publikationen kann man ihm kaum noch entgehen. Von Bedeutung ist aber nicht die schiere Menge. Von den 1000 Publikationen sind in hundert Jahren vermutlich 95 - 99 Prozent vergessen, aber wer so viel publiziert, hat wie das blinde, aber sehr fleißige Huhn eine größere Chance, ein wertvolles Korn zu finden als das blinde aber faule Huhn. Nicholas Rescher hat für die Berechnung der wichtigen Forschungsergebnisse die Quadratwurzel aus der Zahl der signifikanten Forschungsbeiträge Q vorgeschlagen. Für die Zahl der erstrangigen Ergebnisse schlägt er die Funktion $F = k \log Q$ vor. Dabei ist k abhängig von der Gesamtzahl der Publikationen. Rescher nimmt an, dass der Anteil der erstrangigen (das heißt in der Regel hochinnovativen) Forschungsergebnisse mit steigendem Q zurückgeht. Natürlich kann man auch noch feiner unterteilen.³

3 Rescher, N., *Scientific Progress*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press 1978, S. 107, 120. Man sollte erwähnen, dass die Interpretation der Rescher-Formel keineswegs trivial ist. Vermutlich wird es wenig bewirken, mittelmäßige oder schlechte Forscher zur Produktion größerer Mengen an Texten anzutreiben, um gemäß der Formel die Zahl der hochsignifikanten Ergebnisse hochzutreiben. Zum einen ist in Zeiten elektronischer Medien die Vervielfältigung von Textmengen nur ein technisches Problem. Zum zweiten kann man Publikationen stückeln („Salami-Taktik“ des Publizierens). Zum dritten gibt es für alle informationsverarbeitenden Systeme kapazitive Grenzen, die dafür verantwortlich sind, dass die Produktivität von Forschern natürliche Grenzen hat. Alle anderen Bedingungen (Zahl, Kreativität und Intelligenz der Forscher, Ausstattung, sonstige Forschungsbedingungen, etc.) konstant gehalten, wird eine Verdopplung oder Verdreifachung der produzierten wissenschaftlichen Textmengen höchstwahrscheinlich nicht zu der von der Formel vorhergesagten Vergrößerung der Zahl der hochsignifikanten Ergebnisse führen.

Simonton behauptet nicht, dass es keine erklärenden Faktoren für kreative Forschung und Innovationen in der Wissenschaft gibt. Was er dagegen behauptet, ist, dass keiner dieser Faktoren das Residuum überwiegt. Alle erklärenden Faktoren betreffen somit eher kleine Effekte, die wiederum großen Schwankungen unterliegen.

Diese Aussage lässt viele Fragen offen, zum Beispiel die folgenden:

1) Bezieht sie sich nur auf die Chance, als Neuerer anerkannt zu werden oder auch auf die kausal vorgelagerte Wahrscheinlichkeit, das zu tun, was ein kreativer Forscher eben tut, nämlich Neuerungen zu generieren?

2) Welche Variablen bestimmen das Verhältnis zwischen beiden Größen, das man als den Transmissionsverlust oder umgekehrt als die Effizienz des jeweiligen Wissenschaftssystems bezeichnen könnte? Die Grundthese ist, dass ein Wissenschaftssystem, das Innovationen oder gedankliche und technische Neuschöpfungen kreativer Forscher erkennt, aufgreift und weiterentwickelt, effizienter ist als eines, das sie zwar erzeugt, aber dann blockiert.

3) In welcher Weise wirkt der Zufall? Welches statistische „Urnenmodell“ beschreibt den Zusammenhang zwischen Produktivität und kreativer Neuschöpfung, also Innovation?

4) Ist der Zusammenhang zeit-, kultur- oder gesellschaftsabhängig?

5) Welche Moderatorvariablen greifen in den Prozess ein?

Angenommen, die Behauptung von Simonton ist korrekt. Dann könnte man zumindest fragen, ob man die Rolle des Zufalls minimieren kann. Das wäre dann möglich, wenn

- die Produktionsrate von Neuerungen keine Konstante ist, sondern von verschiedenen Faktoren abhängt (was die Frage aufwirft, wie man diese Faktoren beeinflussen kann),

- das Verhältnis zwischen Produktionsrate und Neuerung – also der Transmissionsverlust – variabel wäre,

- die Aufnahmekapazität des Rezeptionsmilieus Schwankungen aufweisen würde.

Versuchen wir die Konsequenzen dieser Idee, dass man dem Zufall im Sinne von Simonton „auf die Sprünge helfen“ kann, unter darwinistischem Blickwinkel zu analysieren.

Wir betrachten zunächst einige Faktoren, die globaler Natur zu sein scheinen. Im Unterschied zu den lokalen Faktoren modulieren die globalen den Pegel oder Output des ganzen Systems, während die lokalen auf einzelne oder wenige Teile des Systems einwirken.

Globale Parameter

Wenn Simonton Recht hat, dann kommt es in evolutionärer Perspektive vor allem darauf an, das Angebot an Varianten, die dem Prozess der „natürlichen Auslese“ unterworfen sind, so groß wie möglich zu machen.⁴ Wenn die hervorgebrachten Varianten überhaupt eine Chance haben sollen, dann müssen sie bestimmten Mindeststandards genügen. Dies bedeutet im allgemeinen eine Investition an Zeit und Mühe seitens der Produzenten. Anders gesagt: die Produktionsrate muss an die kreativen Möglichkeiten und Fähigkeiten der Produzenten angepasst sein. Diesen Zusammenhang kennt jeder Fertigungsingenieur. Man kann die Produktionsgeschwindigkeit einer Anlage ohne Verminderung der Produktqualität nicht über ein bestimmtes Maß hinaus steigern.

Die erzeugten Varianten müssen aber auch das richtige Maß an Verschiedenheit aufweisen, damit die Art im Selektionsprozess, den ihre vielen Individuen in einer veränderlichen Umwelt erfahren, erhalten bleibt. Sowohl ein zu hohes als auch ein zu geringes Maß an Verschiedenheit ist im Ausleseprozess der Ideen von Nachteil. Das optimale Maß an Verschiedenheit wird dabei von der Aufnahmefähigkeit und der Änderungsgeschwindigkeit des Rezeptionsmilieus bestimmt. Es ist eine Variable.

Auch für das Rezeptionsmilieu gilt, dass eine hohe Komplexität und eine große Vielfalt an ökologischen Nischen die Entwicklung neuer Ideen begünstigt, während in einem eintönigen Milieu (gleichförmige Bewertungsstandards, Paradigmenmonismus, monopolistische oder oligopolistische Nachfragestruktur und so weiter) kein Raum für eine große Ideendiversität ist. Die Folge sind wissenschaftliche und intellektuelle Monokulturen, die nicht mehr flexibel auf wechselnde Anforderungen reagieren können, sondern vor ungeplanten oder unvorhergesehenen⁵ Herausforderungen versagen.

Bei der Ideendiversität kann man noch einmal unterscheiden zwischen der Entstehung von Varianten der gleichen Idee (analog zu kleinen Mutationen innerhalb einer Art) und dem Entstehen von neuen Ideen (analog zur Entstehung

4 Dabei ist nicht in erster Linie eine Maximierung der Produktionsrate zählbarer wissenschaftlicher Erzeugnisse gemeint. Das funktioniert allenfalls in der Akademie von Lagado (frei nach Jonathan Swift, *Gulliver's Travels*) – vielleicht auch in der Vorstellungswelt einiger Wissenschafts- und Bildungspolitiker, aber nicht in der realen Welt.

5 Eine der Eigenarten wissenschaftlicher Monokulturen, die durch ein vom Konsens der Wissenschaftler gestütztes und somit scheinbar fest begründetes Paradigma gekennzeichnet sind, ist der Irrglaube, die zukünftige Entwicklung vorhersehen oder sogar planen und steuern zu können. Sobald dieser Glaube angesichts neuer Herausforderungen in sich zusammenfällt, fehlen solchen Monokulturen die Alternativen, die die freigewordene ökologische Nische besetzen könnten.

neuer Arten – wobei der zweite Prozess zumindest in der biologischen Evolution aus einer Kumulation vieler Prozesse des ersten Typs bestehen kann). Die biologische Analogie zeigt allerdings dort Schwächen, wo neue Ideen aus einer Rekombination verschiedener existierender Ideen entstehen – nach dem Muster Schiff plus Dampfmaschine ergibt „Dampfbboot“; Kutsche plus Elektromotor plus Batterie ergibt „Elektroauto“. Das natürliche biologische Analogon wären „springende Gene“, bzw. ein Austausch von Genen, wie er bei Viren und Bakterien vorkommen kann. Die neue synthetische Biologie bietet bessere Modelle für diesen Typ von Innovation an.

Betrachten wir einen zweiten Faktor, der auf einer anderen Ebene liegt. Ein Belohnungssystem, das die reine Zahl an Publikationen, Patenten, etc., als Kriterium für Erfolg nimmt, führt ab einem bestimmten Punkt zu einer Verringerung der Qualität der einzelnen Leistung oder Innovation⁶. In einem System, das Belohnungen an „Leistungsparameter“ knüpft, ist somit eine Rückkopplung zwischen allgemeinem Innovationsniveau und den politischen Steuerungsparametern, denen die Träger und Formen wissenschaftlicher Leistungen unterworfen werden, zu erwarten. Dysfunktionale Lerneffekte sowohl auf der Seite der Anbieter als auch der Nachfrager von Innovationen kommen dazu (Verwechslung der benutzten quantitativen Indikatoren mit dem, was die Indikatoren messen sollen; Entwicklung von Strategien zur Erfüllung der Indikatoren als Ersatz für die Produktion wirklicher wissenschaftlicher oder technologischer Innovationen; Optimierung der „Antragsprosa“ bei dürftigem Inhalt und so weiter).⁷

Ein korrespondierender globaler Faktor ist die Aufnahmekapazität des Rezeptionsmilieus – entweder überhaupt oder für Leistungen und Innovationen eines bestimmten Typs. Sofern diese Kapazität erschöpft ist, bringt eine weitere Steigerung der Produktion nichts mehr.

Wir haben bis jetzt nur wenige Faktoren genannt, die den Prozess der Genese oder Rezeption von Innovationen beeinflussen, sei es, dass sie ihn bestimmen oder moderieren, sei es, dass sie mit ihm interferieren. Informationstechnisch können wir diese Faktoren auch als selektiv arbeitende Filter oder Verstärker bezeichnen, die an verschiedenen Stellen des Gesamtsystems sitzen können und dort ihre Wirkung vollbringen. Wir werden im Folgenden noch einige davon kennen lernen.

6 Da Leistung und Innovation nach Simonton durch einen Proportionalitätsfaktor verbunden ist, gilt die Aussage für beide Kategorien

7 Binswanger, M., Sinnlose Wettbewerbe. Freiburg: Herder 2012.

Gesamtsystem

Was ist das „Gesamtsystem“? Einige Teile oder Aspekte haben wir bereits genannt. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit kann man weitere hinzufügen. Die erste Kategorie benennt das, worum es geht, die Kategorien 2 bis 4 beziehen sich hauptsächlich auf den Produktionskontext. Kategorie 5 und ihre Unterpunkte beziehen sich auf die Selektionsmilieus. Dabei ist zu beachten, dass Produktions- und Selektionsmilieu in der Regel ineinander verwoben sind und sich infolgedessen oft nur analytisch trennen lassen.⁸ Wir unterscheiden:

1. Kreative Leistungen: Patente, neue Ideen, Innovationen.
2. Kreative Forscher als Individuen.
3. Informelle Gruppen und ihre interne Dynamik im Hinblick auf kreative Forschung.
4. Die formale Organisation und ihre verschiedenen Verkörperungen, wie: formelle Arbeitsgruppe, Abteilung, Institution, Labor, Universität, Firma – einschließlich der in sie eingebauten Sanktionsmechanismen.
5. Die verschiedenen Selektionsmilieus, das heißt die wirksamen Umweltfaktoren, die denjenigen Varianten ein Überleben ermöglichen, die erwünscht sind – wobei die Kriterien der Erwünschtheit milieuspezifisch sein können.

Den letzten Punkt können wir weiter differenzieren in

- a) die Politik und ihre Steuerungsparameter,
- b) Anstöße und Nachfrage aus der Ökonomie,
- c) Nachfrage aus dem militärischen Bereich,
- d) die Kultur und das ihr innewohnende Motivations- und Demotivationspotential,
- e) das informationelle Netzwerk der Wissenschaft, also das Publikations- und Kommunikationssystem der Wissenschaft im weiteren Sinne,
- f) die existierenden Traditionen und Praktiken der Wissenschaft als Ressource für kreative Forschung, aber auch als Raum und aktuelle Grenze für Denkmöglichkeiten.

8 Was das konkret heißt, hat der Verfasser an anderer Stelle gezeigt. Vgl. Fischer, K., Fehlfunktionen der Wissenschaft. – In: Erwägen – Wissen – Ethik, Jg. 18 (2007), S. 3 – 16; ders., Kein Blick von nirgendwo – Über Wissenschaft, subsystemische Codes und pathologische Interpenetration. – In: Erwägen – Wissen – Ethik, Jg. 18 (2007), S. 65 – 76; ders., Code, System und Konflikt. Probleme intersystemischer Kommunikation. – In: Medien und Kultur. Mediale Weltauffassungen. Hrsg. von R. Becker u. E. W. Orth. Würzburg: Königshausen & Neumann 2005, S. 83 – 118.

Man kann das Gesamtsystem und die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Teilen und Aspekten auch grafisch darstellen. Technisch betrachtet handelt es sich um ein System mit mehreren Aggregationsebenen, das man mit dem Instrument der soziologischen Mehrebenenanalyse behandeln kann. Das Pfaddiagramm würde zwei große Blöcke umfassen, die sich jeweils auf die Produktion und die Selektion neuer Ideen beziehen. Jeder Block hätte wieder mehrere Ebenen mit jeweils vielen externen und internen Interaktionen und Rückkopplungen. Jeden Teil könnte man wiederum ausdifferenzieren. Weil das für unsere Zwecke unnötig komplex und unübersichtlich werden würde, wollen wir hier auf eine bildhafte Darstellung verzichten. Stattdessen möchten wir an dieser Stelle die einzelnen Abhängigkeiten, bzw. die im Prozess wirkenden „Filter“ und „Verstärker“, punktuell inhaltlich behandeln.

zu 2) Kreative Forscher als Individuen

Betrachten wir zunächst die Kreativität individueller Forscher und die möglichen moderierenden, hemmenden oder verstärkenden Faktoren.⁹

Was der kreative Forscher braucht, ist oft beschrieben worden:

- Gespür für das Wesentliche (Realitätssinn),
- Phantasie oder Fähigkeit zum Erkennen komplexer Muster,
- die Fähigkeit (oder auch nur das Glück), zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu sein,¹⁰
- die richtigen Leute mit den kritischen Informationen zu kennen oder herauszufinden,
- die Fähigkeit, Jahre und Jahrzehnte beständig an der Lösung eines Problems zu arbeiten, aber
- es auch aufgeben zu können, wenn man den Eindruck gewonnen hat, dass es unlösbar ist, und schließlich
- ein gewisses Quantum Glück.

Nicht alle genannten Faktoren sind direkt beeinflussbar. Wir möchten einige von ihnen etwas näher betrachten:

9 Dazu: Gardner, H., *So genial wie Einstein. Schlüssel zum kreativen Denken*. Stuttgart: Klett-Cotta 1996; Prause, G., *Genies in der Schule. Legende und Wahrheit über den Erfolg im Leben*. Düsseldorf: Econ 1996; Hengstschläger, M., *Die Durchschnittsfalle*. Wien: Ecwin 2012; Gladwell, M., *Outliers. The Story of Success*. New York u.a.: Little, Brown and Co. 2009; Lange-Eichbaum, W. /Kurth, W., *Genie, Irrsinn und Ruhm*. München & Basel: Reinhardt 1979 (orig. 1928).

10 Stephan, P. / Levin, S., *Striking the Mother Lode in Science. The Importance of Age, Place, and Time*. New York/Oxford 1992.

zu 2a) *Muße*

Wissenschaftspolitiker und Universitätsleitungen hören dies nicht gerne, aber es stimmt: Nicht selten kommen Forscher während einer Muße- oder Ruheperiode auf die Lösung eines Problems. Johannes Bednorz machte seine Entdeckung des ersten Hochtemperatur-Supraleiters direkt nach einem längeren Urlaub. Er griff sich eine Mischung aus dem Regal und bekam prompt ein positives Ergebnis. Andere machten ähnliche Erfahrungen. Hintergrund scheint zu sein, dass das scheinbare Nichtstun spontane chaotische Gehirnaktivitäten auslöst, die über die Fokussierung der Aufmerksamkeit wahrgenommen und selektiv verstärkt werden können. Allerdings können Beispiele wie das genannte nichts beweisen, weil man sie immer zu Sonderfällen deklarieren kann. Um unsere Hypothese zu untermauern, brauchen eine saubere statistische Analyse von Innovationen (untergliedert in verschiedene Kategorien) und ihres Zusammenhangs mit dem Kreativitätsfaktor Muße.

zu 2b) *Abwesenheit kreativitätsbemmender Kontrollen*

Dies meint sowohl formale bürokratische Kontrollen als auch informelle Kontrollen. Unter informellen Kontrollen verstehen wir die subtilen Sanktionen, die im ganz normalen sozialen Umgang mit anderen Wissenschaftlern ausgeübt und erfahren werden. Druck, so sagt das psychologische Experiment, schadet der Kreativität. Weil der subtile Druck der Gruppe auf ihre Mitglieder nicht auszuschalten ist, zeigt sich das *brainstorming* in der Gruppe dem individualisierten Problemlösen als unterlegen.¹¹ Beim *brainstorming* ohne Gruppendruck (dem Ideal des *brainstorming*) könnte es anders sein. Eine der Bedingungen für die Problemlösungsfähigkeit der Gruppe scheint in einer hinreichenden Heterogenität zu bestehen, die auch ungewöhnliche Lösungsvorschläge hervorbringt.

zu 2c) *Anstöße in der frühen Sozialisation*

Zwei Beispiele, die für viele stehen:

1) Albert Einstein erhielt als Kind von seinem Vater einen Kompass, der seine Phantasie ungemein anregte. Er nahm sich vor, die verborgene Realität, die die Bewegung der Nadel bestimmte, zu ergründen.

2) Wernher von Braun bekam als Kind von seiner Mutter ein Teleskop geschenkt. Von da an setzte sich in seinem Kopf die Idee fest, irgendwann „zu den Sternen“ zu gelangen.

11 Vgl. Bild der Wissenschaft 1/2005, S. 38ff.; Drimalla, H., Gemeinsam sind wir schwach. – In: Bild der Wissenschaft 3/2012, S. 86ff.

Viele Forscher beschreiben in ihren Autobiografien derartige prägende Momente ihres frühen Lebens. Inwiefern solche Anekdoten als Berichte über tatsächliche kausale Verbindungen gewertet werden können, ist sicherlich strittig. Auch hier kann nur eine statistische Untersuchung weitere Aufklärung bringen.

Unstrittig ist jedoch folgende Einsicht: Pädagogen und Erzieher sollten in der primären und sekundären Sozialisation das Neugierverhalten des Kindes fördern. Wichtig ist das Angebot einer reichhaltigen Palette von Anregungen. Gefahrenabwehr ausgenommen, sollte es keine negativen Sanktionen bei Abweichungen von der Norm geben, denn Abweichung von der Norm ist selbst eine Dimension von Kreativität. Nur wer den Mut aufbringt, von der Konvention abzuweichen, wird die Grenzen des Bekannten überschreiten und neue Wege in unbekanntes Gelände bahnen können.

Was die spätere Ausbildung betrifft, so fällt auf, dass kreative Forscher neben ihrem Fachstudium oft eine eher breit gefächerte Ausbildung hatten (Vorliebe für das „Studium generale“, manchmal auch Doppelstudium oder Zweitstudium nach einem Studienabbruch). Oft waren sie in Diskussionszirkel eingebunden, in denen Defizite des universitären Angebots kompensiert und neue Ideen debattiert wurden. Technologische Visionäre und unternehmerische Neuerer hatten oft keine Geduld zum Abschluss eines Studiums und brachen die Ausbildung ab, um sich gänzlich ihrem technischen Steckenpferd widmen zu können.

Wenn wir das Forschungsmilieu betrachten, dann fällt auf, dass es sowohl kreativitätsfeindliche als auch ausgesprochen kreativitätsförderliche Milieus zu geben scheint – und zwar auf ganz unterschiedlichen Ebenen. Wir finden zum einen die intellektuell anregende, dem Wohlbefinden und der Konzentration zuträgliche Umgebung des Einzelforschers, wir finden aber auch große Forschungskomplexe, Siedlungsräume, Städte bis hin zu ganzen Kulturen, denen man ein besonderes Kreativitätspotential zuschreibt.¹² Auch für die entsprechenden Gegenstücke gibt es Beispiele – man könnte sogar sagen, dass sie in der bisherigen Geschichte der Menschheit der Normalfall waren: gegängelte, instrumentalisierte, intolerante Institutionen ohne Rechtssicherheit und ohne hinreichende Forschungsfreiheit, Kulturräume mit religiös oder ideologisch begründeter Intoleranz, gedankliche Monokulturen, isolierte Institutionen, politische Machtstrukturen, die in den Erzeugnissen freier Denker und Wissenschaftler vor allem eine Gefahr sahen.

12 Vgl. *Stätten des Geistes. Große Universitäten Europas von der Antike bis zur Gegenwart*. Hrsg. von A. Demandt. Köln u.a.: Böhlau 1999; Graeve, H., *Gesellschaft und Kreativität. Entstehung, Aufbau und Gestalt von Kulturblüten*. München & Wien: Oldenbourg 1977; Murray, C., *Human Accomplishment. The Pursuit of Excellence in the Arts and Sciences, 800 B.C. to 1950*. New York: Harper Collins 2003.

Wesentlich für den kreativen Forscher ist eine an Informationen reichhaltige und stimulierende Umgebung, die Freiheit, den eigenen Ideen nachgehen zu können, eine ausreichende Förderung und Anerkennung seiner Arbeit, sowie die kluge Nutzung eigener und fremder Erfahrungen.

zu 3) Informelle Gruppen und ihre interne Dynamik im Hinblick auf kreative Forschung

Hierbei geht es um die Konsequenzen einer Forschungslandschaft, die durch Programme, Agenden, Forschungsstraditionen oder Paradigmen geprägt ist. In Arbeitsgruppen oder Forschungsnetzwerken mit klar konturiertem theoretischen und/oder experimentellen Hintergrund wirken spezifische Filter und Verstärker. Es sind im wesentlichen dieselben psychologischen Mechanismen, die man auch anderswo findet. So ist zum Beispiel nicht alles zu allen Zeiten und an allen Orten sagbar – es sei denn, der Sprecher nimmt die Konsequenzen in Kauf. Hat eine Arbeitsgruppe – oder ein ganzer Forschungsverbund – eine klar umrissene „Agenda“ (Forschungsprogramm, Paradigma, disziplinäre Matrix), dann werden die Beteiligten schnell feststellen, dass ihre Kreativität nur dann geschätzt wird, wenn sie innerhalb eines gewissen Rahmens bleibt. Es gibt Ergebnisse, Methoden, Experimente oder Erklärungsansätze, die erwünscht und andere, die eher unerwünscht sind. Gruppenmitglieder, die sich dennoch öffentlich mit letzteren befassen, stellen nicht nur den kognitiven Rahmen für die Arbeit der Gruppe, sondern auch ihre soziale Position in dieser Gruppe zur Disposition. Aufgrund der Koppelung der sozialen und der kognitiven Seite der kollektiv betriebenen Wissenschaft hat solch unerwünschte Kreativität unweigerlich negative Konsequenzen bei der Bewertung der kognitiven Leistungen des devianten Gruppenmitglieds.

Das heißt nicht, dass dies den Betroffenen – vor allem, wenn sie noch unerfahren sind – bewusst wird. Wer die Mechanismen nicht durchschaut, interpretiert die Reaktionen der anderen, insbesondere jener, von deren Urteilen man abhängig zu sein glaubt, naiv aber natürlicherweise in Qualitätstermini. Gerade der ganz normale alltägliche Kontakt mit anderen – ob im persönlichen Gespräch, per Handy, E-Mail, Internet oder auch durch Lektüre ihrer geistigen Produkte – ist Teil der konsensuellen Mechanismen von Wissenschaft, die das eigene Denken subtil aber wirksam beeinflussen und damit Zahl und Ausmaß von Abweichungen verringern. Gegenüber dem unbestreitbaren Nutzen dieser Kontakte bleiben die Kosten oft unerkannt – zumindest so lange, wie die Betroffenen die empfangenen Informationen (insbesondere Informationen darüber, wie sie von anderen wahrgenommen und bewertet werden) als validen Indikator dafür neh-

men, „wie die Dinge wirklich stehen“. Diese Verdinglichung von Informationen über Bewertungen, die zum großen Teil durch andere Faktoren als „die Dinge selbst“, also die bewerteten Handlungen und Leistungen, bestimmt sind, ist funktional für das bestehende Wissenschaftssystem (sie stabilisiert seine aktuelle normative und paradigmatische Ordnung) und daher von den „Machern“ und Profiteuren des Systems erwünscht. Erst im Spiegel der Wissenschaftsgeschichte und unter dem Seziermesser der Wissenschaftsforschung enthüllen sich die außerwissenschaftlichen Komponenten (soziale, politische, ökonomische, religiöse, kulturelle und andere) der wissenschaftlichen Urteils- und Entscheidungsprozesse in größerer Klarheit.

Solange ein Forschungsprogramm erwartungsgemäß läuft, werden Wissenschaftler, deren kreative Produkte mit einer gewissen Konstanz außerhalb des Konsensbereichs der lokalen wissenschaftlichen Gemeinschaft liegen, von der Mehrheit zumeist als Leute angesehen, die bei der Lösung ihres eigentlichen wissenschaftlichen Problems gescheitert sind – und zwar nicht, weil dieses Problem im Rahmen seiner aktuellen Definition nicht lösbar ist, etwa weil die benutzten Instrumente nicht geeignet sind, sondern weil sie sich „dumm angestellt“ hatten. Noch drastischer ausgedrückt: Es sind Versager oder notorische Quertreiber, die sich in Spekulationen ergehen oder weit hergeholt Argumente vorschieben, um ihre Misserfolge zu kaschieren. Da diese Bewertung für die Betroffenen meist ein ungünstigeres Forschungsumfeld zur Folge hat, wird sie oft zu einer selbsterfüllenden Prophezeiung.

In einer Wissenschaftslandschaft, die - vertikal und horizontal - politisch und sozial strukturiert ist, werden kreative Forscher eines bestimmten Typs große Schwierigkeiten bekommen. Man kann diesen Typ genauer umschreiben. Es sind solche Forscher, die sich nicht an die Reviergrenzen halten, die den aktuellen Fachkonsens aufgekündigt haben oder aus Prinzip auf ihn pfeifen, die die ungeschriebenen Regeln über das, was man sagen und nicht sagen kann, verletzen. Solche Forscher gehören zumeist nicht zum aktiven Teil eines einflussreichen sozialen Netzwerks und auch nicht zu einer der „Jagdgesellschaften“, die sich auf der Basis existierender Netzwerke sporadisch formen und deren Ziel das Anbohren von Drittmitteltöpfen ist.

Die Schwierigkeiten dieser nonkonformistischen kreativen Forscher korrelieren mit der Ausprägung der sozialen Strukturen und ihrer Starrheit. Soziale Strukturiertheit ist ebenso wie die Rigidität dieser Strukturen eine Frage des Grades. In der Wissenschaft korreliert die *Ausprägung der sozialen Strukturiertheit* mit der Dominanz programmgesteuerter bzw. paradigmageleiteter Forschung, während die *Rigidität der sozialen Strukturen* mit der Resistenz dieser Programme

oder Paradigmen gegen Anomalien, Falsifikationen oder anderweitige gravierende Probleme korreliert.

Die sozialen Strukturen werden weicher und durchlässiger, wenn eine Forschungsagenda, ein Programm oder ein Paradigma in eine wahrgenommene Krise gerät und nach Alternativen gesucht wird. Wie immer der Kampf ausgeht, entscheidend für die neue Bewertung von Innovationen in dieser Phase der Forschung sind Veränderungen der sozialen Struktur, der Kommunikationsdichte, der ausgeübten und akzeptierten Sanktionen und Verstärkungen, sowie der wahrgenommenen Verbindlichkeit kognitiver Schemata. Nach diesen Veränderungen werden bestimmte Innovationen grundsätzlich anders bewertet als vorher; die Filter und Verstärker werden neu kalibriert.¹³

zu 4) Die formale Organisation der Forschung als Produktions- und Rezeptionsmilieu kreativer Leistungen

Die formale Organisation kann ein starker Filter für die Entstehung und Diffusion von Neuerungen und über die damit verbundene Motivationsebene ein starkes Hemmnis für kreative Forschung sein.¹⁴ Von Standpunkt der formalen Organisation sind ungeplante und ungewollte Neuerungen als Störungen zu sehen, die in das System einzudringen drohen, seine Ordnung erschüttern, alte Machtpositionen gefährden, aber eventuell auch neue schaffen können. Es gibt nach dem Chaosforscher Stuart Kaufmann zumindest drei allgemeine Eigenschaften von Systemen, die ihre Sensibilität für äußere Störungen vermindern und somit auch die Anfälligkeit für ungeplante Innovationen verringern:¹⁵

- 1) Asymmetrien der internen Wirkungen bzw. Kommunikationen,
- 2) Eine geringe Konnektivität zwischen den Systemelementen,
- 3) Kanalisierende Schaltfunktionen.

Bei Vorliegen dieser Bedingungen bilden sich im Modell „gefrorene Zustände“ heraus, deren Ursache in der „Verkapselung“ von Systemteilen gesehen wird und deren Struktur durch äußere Störungen nicht aufgebrochen werden kann.

Die Übertragung auf Organisationen, Betriebe und Unternehmen ist einfach: Asymmetrien der Kommunikation liegen vor, wenn der Informationsfluss zwi-

- 13 Vgl. Fischer, K., Ein Kuhnsches Modell wissenschaftlicher Selbstorganisation: kognitive Grundlagen paradigmatischer Zyklen. – In: Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008. Hrsg. von Werner Ebeling u. Heinrich Parthey. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009, S. 29 – 53.
- 14 Vgl. Mayntz, R., Forschungsmanagement. Steuerungsversuche zwischen Scylla und Charybdis. Organisation und Leitung von Forschungsinstituten. Opladen: Westdeutscher Verlag 1995.
- 15 Kauffmann, S., Leben am Rande des Chaos. – In: Spektrum der Wissenschaft 10/1991, S. 90-99.

schen beliebigen Teilen des Systems nur in einer Richtung läuft. Geringe Konnektivität haben wir dann, wenn viele Systemteile nicht miteinander verbunden sind und somit keine direkte Kommunikation zwischen ihnen möglich ist.¹⁶ Schaltfunktionen sind dann kanalisiert, wenn bestimmte Systemelemente darüber entscheiden dürfen, ob eine Kommunikation überhaupt weiter im System wirksam ist. Das ist etwa dann der Fall, wenn es ritualisierte Formen der Kommunikation gibt, die über streng vorgeschriebene Dienstwege laufen, oder wenn Informationsknoten existieren, die Nachrichten eines bestimmten Typs systematisch benachteiligen oder bevorzugen.

Einschränkend muss man sagen, dass dieses Modell die informelle Vernetzung der Organisation nicht berücksichtigt. Auch über informelle Kanäle werden Kommunikationen vermittelt – allerdings auf eine eher zufällige und daher nicht immer verlässliche Weise. Das informelle Netz funktioniert außerdem in kleinen Einheiten besser als in sehr großen. Defizite der formalen Organisation können aber auch in kleinen Systemen nur mit Kosten durch das informelle Netzwerk aufgefangen werden. In der Regel kommt es zu Spannungen und Verwerfungen im System, wenn bekannt wird, daß Informationen auf informellen Kanälen an formal nicht Befugte weitergegeben wurden.

zu 5) Umwelten kreativer Forschung

zu 5a) Die Politik und ihre Steuerungsparameter

Vor einigen Jahren hat die Politik das Feld der Innovation als Objekt ihres Handelns entdeckt und eine „Innovationsoffensive für Deutschland“ ausgerufen. Der erhoffte große Ruck ist – wenn man die Rhetorik einmal abzieht – ausgeblieben, an vielen ist selbst das Faktum, daß es eine solche Initiative gab, spurlos vorübergegangen.

Verwunderlich ist das nicht. Innovationen erhält man nicht nach einem entsprechenden Appell. Man erhält sie auch nicht automatisch, wenn man Ingenieuren oder Forschern einen entsprechenden Auftrag erteilt. Oder (das wäre der urdeutsche Weg) wenn man eine Kommission ernennt, eine Stabsstelle für Innovationsmanagement einrichtet oder (das wäre die aktuelle Methode) einen medial

16 Die Forscher in Los Alamos wehrten sich aus gutem Grund gegen die Versuche des Militärs, den Informationsfluss zwischen den verschiedenen Abteilungen zur Spionageverhütung zu hemmen oder zu unterbinden. Sie wussten, dass diese Form der Kontrolle das gesamte Projekt in Gefahr bringen würde und entwickelten Strategien, die Kommunikationswege offenzuhalten. Die Militärs dagegen verstanden nicht, warum die Wissenschaftler so viel miteinander „quaseln“ mussten. In ihrem Systemdenken war dies kontraproduktiv.

inszenierten Innovations-Wettbewerb ausruft.¹⁷ Auf diese Weise produziert man – wie es in einem Artikel von Marcus Kottmann und Bernd Kriegesmann in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung vom 31. Januar 2005 heißt – „Ersatzhandlungen für echte Innovationen“, man erzeugt Aktivismus, aber keine echten Innovationen. Keine der Basisinnovationen, die die Geschichte der Wissenschaften, der Technik und der Kultur bestimmt haben, wurde je auf der Grundlage eines genauen Planes, eines begutachteten Forschungsprojektes oder einer zielgerichteten staatlichen Forschungsinitiative geschaffen: Schießpulver, Buchdruck, Dampfmaschine, elektrische Induktion und Dynamo, Dynamit, synthetische Farbstoffe, Düngemittel, Verbrennungsmaschinen, Automobil, Flugzeug, Funk, Telefon, Radio, Fernseher, Computer, Transistor, Integrierter Schaltkreis, Internet – mit den jeweils erforderlichen Grundlagen wie Thermodynamik, Theorie des Elektromagnetismus, organische Chemie, Aerodynamik, Festkörperphysik, Kybernetik.

Innovationen dieses Kalibers sind offenbar nicht planbar und auch mit hohem materiellen Einsatz nicht zu erzwingen. Die Atombombe ist kein Gegenbeispiel. Sie war die technologische Umsetzung bereits vorhandener Grundlagenkenntnisse. Das gilt auch für die Entwicklung der Großrakete, die von den Visionen und der technischen Kompetenz weniger Enthusiasten abhing (K. Ziolkowsky, R. Goddard, H. Oberth, W. von Braun, S. Koroljow). Dass diese Umsetzung erfolgreich verlief, war keineswegs sicher. Technologie hat ihre eigene Dynamik: In ihr geht es nicht darum, Zusammenhänge zwischen theoretischen Größen zu erforschen, sondern erforschte Zusammenhänge zu benutzen, um etwas praktisch zu bewirken – die Welt zu verändern. Das ist kein trivialer Vorgang. An fast jedem Punkt der Prozesskette kann etwas schiefgehen. Aber wo bereits die theoretischen Grundlagen fehlen, nutzen auch die größten staatlichen Programme nichts. Beispiele für massiv staatlich geförderte, aber dennoch gescheiterte Projekte sind:

Amerikas gescheiterter „Krieg gegen den Krebs“ in den siebziger Jahren des 20. Jhs., der ca. 20 Mrd. \$ gekostet hat, aber den Krebs weder besiegt noch wesentlich zurückgedrängt hat.

Japans „fünfte Computergeneration“ der achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts, die den menschenähnlichen Roboter erschaffen sollte, aber nur einen mechanischen Hund namens Aibo hervorbrachte, der zwar das Bein heben und in bescheidenem Maße Fußball spielen konnte, aber das angekündigte Ziel um Längen verfehlte.

17 Zu den modernen Pseudowettbewerben, in denen mit gezinkten Karten gespielt wird und deren hervorstechendste Resultate in perversen Lerneffekten bestehen, vgl. Binswanger, M., Sinnlose Wettbewerbe. Freiburg: Herder 2012.

Ein aktuelles Beispiel ist die sogenannte „Energiewende“, die ihren Pferdefuß in mangelnden Speicherkapazitäten für in Spitzenzeiten erzeugten Wind- oder Solarstrom hat.

Ein nicht mehr ganz so aktuelles Beispiel ist der Fusionsreaktor – eine an sich faszinierende Idee, bei der jedoch die einzige Konstante in der prognostizierten Zeit für die Marktreife zu liegen scheint (50 Jahre).

zu 5b) Anstöße und Nachfrage aus der Ökonomie

Ist kreative Forschung ein Ausfluss ökonomischer Nutzenorientierung – nach dem Muster: die Wirtschaft braucht es, die Wissenschaft liefert? Es sieht nicht danach aus. Weder die Kosmologien der Vorsokratiker, die aristotelische Physik, die ptolemäische Astronomie oder die euklidische Geometrie, noch die kopernikanische Astronomie, die Galilei-Newtonsche Physik, die Maxwellsche Elektrodynamik oder die Relativitäts- und Quantentheorie verdanken ihre Entstehung irgendwelchen praktischen Nützlichkeiterwägungen. Die Astronomie ist spätestens seit der Entwicklung der Präzisionsuhren, die Kosmologie von Anfang an ohne jeglichen praktischen Nutzen – ohne dass dies ihre Entwicklung und ihre Kulturbedeutung in sichtbarer Weise gehemmt hätte. Andererseits ist ein praktisch nützlich und mit Milliardensummen gefördertes Projekt wie das japanische Programm einer fünften Computergeneration der achtziger Jahre in Ermanglung einer korrekten Theorie natürlicher Intelligenz ohne durchschlagenden Erfolg geblieben. Offenbar ist eine nur am potentiellen Nutzen orientierte Wissenschaft nicht besonders effektiv, wenn nicht – wie im Falle der Atombombe oder des Apollo-Programms – bestimmte theoretische Voraussetzungen für die Initiierung eines zielorientierten Forschungs- und Entwicklungsprogramms bereits vorliegen oder – wie im Fall der Informationstechnologie – Schritt für Schritt durch konsequente Verfolgung bestehender Entwicklungslinien und durch inkrementelle Verbesserungen bestehender Technologien geschaffen werden können.

zu 5c) Nachfrage aus dem militärischen Bereich

Dieser Teil der Umwelt kreativer Forschung ist für einige Länder wichtiger als für andere. Paradoxerweise erweist sich diese Art von Umwelt dort als kreativitätsfördernd, wo sie mit viel Geld, relativ großer Forschungsfreiheit und weitgehender Abwesenheit von Peer-Review-Verfahren gekoppelt ist.¹⁸ Der Nachteil solcher Forschung kann in eingeschränkter Veröffentlichungsfreiheit und in verstärkter

18 Auf diesen Punkt weist Martin Harwit in seiner Geschichte der Astronomie hin.

Weisungsgebundenheit bestehen. Beides findet man auch in der industriellen Forschung.

In vielen Fällen erwies sich der Krieg als treibende Kraft für Innovationen (Beispiele: Bootsmühle der Römer, U-Boot (Wilhelm Bauer), Rakete (Wernher von Braun), Flugzeug, Computer, Radar, Mikroelektronik, adaptive Optik, GPS, Internet). Nach scientometrischen Indikatoren scheint der Krieg die Entwicklung der Wissenschaft zunächst nicht zu fördern, sondern eher zu behindern. Es handelt sich aber – zumindest was die beiden Weltkriege des 20. Jhs. betrifft – nur um eine kurzfristige Delle im Wachstumspfad. Die Verliererländer sind dennoch stärker betroffen als die Sieger. Zum Beispiel wurde die Entwicklung des Fernsehens in Deutschland bei Kriegsausbruch gestoppt, so dass die Amerikaner, bei denen die Entwicklung (wenn auch wegen der Umstellung von Konsum- auf Kriegswirtschaft verlangsamt) weiterging, nach 1945 einen großen Vorsprung hatten. Die USA waren bereits auf dem Weg zu einer Fernsehgesellschaft, als das Fernsehen in Deutschland zum zweiten Mal eingeführt wurde.

zu 5d) Die Kultur und das ihr innewohnende Motivations- und Demotivationspotential

Die positive Bewertung von Kreativität und Innovation ist eine relativ neue Erscheinung. Im Mittelalter lag bei der Bezeichnung „Neuerer“ eher der Verdacht der Ketzerei als die Hoffnung auf etwas Besseres nahe. In der Renaissance schätzte man eher die *Erneuerung* als die wirkliche Neuerung. Erst im achtzehnten Jahrhundert begannen die positiven Konnotationen des Begriffs Innovation die negativen zu überwiegen. Das erste wirkliche europäische Jahrhundert der Innovation und zugleich auch des „Fortschritts“ war das neunzehnte, insbesondere seine zweite Hälfte, die man als Blütezeit der Wissenschaftsgesellschaft bezeichnen könnte. Gefahren sah man von dieser Zeit an – ungeachtet romantisch-kulturpessimistischer Gegenbewegungen – nicht mehr in Gestalt des Neuen, sondern der Stagnation und des Stillstands auf die Gesellschaft zukommen.

zu 5e) Die Fehlbeurteilung innovativer Forschung durch den Filter des Publikations- und Kommunikationssystems der Forschung

Empirische Befunde zeigen, dass die im Publikations- und Bewertungssystem der Forschung eingebauten Filter – ihre institutionalisierte Form nennt man Peer-Review-System – spezifische Schwierigkeiten mit kreativer Forschung haben. Besonders deutlich wird dies dann, wenn die Neuerung nicht in der Anwendung oder Verbesserung eines bekannten Instrumentariums besteht, sondern wenn sie diesen Rahmen sprengt und sich tatsächlich auf Terra incognita vorwagt¹⁹. Ob-

wohl der Vorstoß in Neuland eine der tiefsten Motivationsquellen der Forschung ist, tendiert das Bewertungssystem insgesamt dazu, das Neue, sobald es ein gewisses Format übersteigt, zu behindern. Dies ist nicht seine Absicht, aber es ist die nicht intendierte Folge des Bemühens, das eigene Risiko eines Fehlurteils zu minimieren. Infolgedessen werden die Gutachter bei der Bewertung von Anträgen um Ressourcen (Drittmittel, Publikationsmöglichkeiten und so weiter) kleine aber sichere Erträge der ungewissen Chance eines Hauptgewinns vorziehen. Das bedeutet, daß bekannte Namen und Institutionen, sowie Projekte eher konventionellen Zuschnitts bereits mit einem Bonus ins Rennen gehen.

Indiz für den Konservativismus des Bewertungssystems ist, daß der Durchschnitt der Gutachter Artikel mit positiven und konventionellen gegenüber Artikeln mit kontroversen Ergebnissen bevorzugt²⁰. Dagegen benachteiligt er Manuskripte, in denen eine gegenwärtig geschätzte Hypothese falsifiziert wird²¹. Der Soziologe Heinz Sahner hat herausgefunden, dass von den *publizierten* sozialwissenschaftlichen Studien, die explizit der Prüfung einer Hypothese gewidmet waren, 75 Prozent in ihrer Bestätigung und nur 25 Prozent in ihrer Widerlegung resultierten²². Das kann man auf mindestens vier Arten interpretieren:

1. Die Soziologen stellen wirklich clevere Hypothesen auf.
2. Die Hypothesen sind so gehaltsarm, dass man sie kaum widerlegen kann.
3. Die Autoren wissen, dass die Zeitschriften lieber positive als negative Ergebnisse haben wollen und richten Ihre Manuskriptangebote danach aus.
4. Die Zeitschrift veröffentlicht lieber positive als negative Ergebnisse und schickt die negativen deshalb häufiger zurück als die positiven.

Deutungen 3 und 4 unterstellen dem System das, was man in der Psychologie „confirmation bias“ nennt. Eine solche Schlagseitigkeit attestiert man in jüngerer Zeit insbesondere der biomedizinischen Forschung, in der negative Ergebnisse oft unterschlagen werden – mit nachteiligen Folgen sowohl für die Forschung wie für Patienten.²³

19 Fischer, K., Soziale und kognitive Aspekte des Peer Review Verfahrens. – In: Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003. Hrsg. von Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004, Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 23 – 62.

20 Sahner, H., Veröffentlichte empirische Sozialforschung: Eine Kumulation von Artefakten? Eine Analyse von Periodika. – In: Zeitschrift für Soziologie, 8 (1979), S. 267 – 278. Mahoney, M., Scientists as Subject: The psychological imperative. Ballinger 1976.

21 Armstrong, J. S., Peer review for journals: Evidence on quality control, fairness, and Innovation. – In: Science and Engineering Ethics 3 (1997), S. 63 – 84. Martin, B., Suppression Stories, Wollongong 1997, Kap. 5 <http://www.uow.edu.au/arts/sts/bmartin/dissent/documents/>

22 Sahner, H., a.a.O.

Obwohl der durchschnittliche Gutachter innovative Artikel häufiger ablehnt als konservative, wird in der Rhetorik des Systems „Originalität“ hochgehalten und gefordert²⁴. Bei den National Institutes of Health (NIH) der USA bildet „innovation (novel concepts, approaches, methods, challenge to existing paradigms)“ eine der fünf Dimensionen, auf die hin Gutachter einen Antrag prüfen sollen. Dagegen fordern dies die National Science Foundation der USA, aber auch die staatliche Forschungsförderung Großbritanniens nicht explizit.

Inzwischen gibt es in den USA eine Initiative, von der NIH abgelehnte Projektanträge im World Wide Web zu veröffentlichen, um potentielle Geldgeber aufmerksam zu machen. Das zentrale Argument des Begründers dieser Initiative, George M. Kurzon, ist, die NIH seien „a very efficient screening tool to screen out innovation“²⁵. Als „worst offences“ des Peer Review Systems bezeichnen Rustum Roy und James Ashburn von der Pennsylvania State University „the enormous waste of scientists' time, and the absolute, ineluctable bias against innovation“²⁶. Dies sind nur wenige Stimmen von vielen, die gleichlautende Kritik äußern.

In seiner Analyse der Begutachtungspraxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) hat Friedhelm Neidhardt vor vielen Jahren einen analogen Befund erhalten, diesen aber als DFG-naher Forscher so vorsichtig in Worte gefasst, daß die Brisanz des Ergebnisses wohl nicht jedem Leser auffiel: „Unterstellt man, daß Fachgutachter innerhalb ihrer Fächer im Durchschnitt überdurchschnittlich qualifiziert sind [...], dann läßt sich annehmen, daß der Selbststeuerungszirkel der DFG für ‚kleinere Fortschritte‘ auch im ungünstigsten Fall durchaus tauglich ist. Wer sich für diesen Fall jedoch ‚Wissenschaftsrevolutionen‘, also große Durchbrüche und ‚schöpferische Zerstörung‘ der herrschenden Standards wünscht, wird freilich nicht darauf setzen können, daß Ansätze dazu – wenn es sie denn gibt – von der DFG systematisch wahrgenommen, ermutigt und unterstützt werden. Selbststeuerung sichert eher den Weiterlauf von ‚normal science‘.“²⁷ Inzwischen gibt es zaghafte Tendenzen, eine besondere Förderungskategorie solcher

23 Stollorz, V., Schweigen ist Gold. – In: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 14. Juni 2009, Nr. 24, S. 55; Lutterotti, N. v., Von den Kunstfehlern in der medizinischen Literatur. – In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 10. Juni 2009, Nr. 132, S. N1.

24 Armstrong, J. S., Peer review for journals: Evidence on quality control, fairness, and Innovation. – In: Science and Engineering Ethics 3 (1997), S. 70f. Spier, R. E., Peer review and innovation. – In: Science and Engineering Ethics 8 (2002), S. 99-108. Ruderfer, M., The fallacy of peer review – Judgment without science and a case history. – In: Speculations in Science and Technology. 3 (1980), S. 533 – 562.

25 Brickley, P., Giving grant proposals a second chance. – In: The Scientist, March 18, 2003. <http://www.biomedcentral.com/news/20030318>

26 Roy, R. / Ashburne, J., The Perils of Peer Review. – In: Nature. 414 (2001), S. 394.

hochriskanter, aber interessant erscheinender Projekte einzurichten und dafür einen bestimmten Prozentsatz der Fördermittel zu reservieren.

Zu den heute bekannten Wissenschaftlern, deren innovative Ideen einst auf vehemente Ablehnung oder Nichtbeachtung seitens der „wissenschaftlichen Gemeinschaft“ stießen, zählen einige der „üblichen Verdächtigen“, aber auch viele, die man nicht in dieser Gruppe vermutet: Alfred Wegener, Georg Cantor, Alan Turing, Konrad Zuse, Konstantin Ziolkowsky, Hermann Oberth, Hermann Graßmann, Peyton Rous, Mitchell Feigenbaum, Frank Rosenblatt, Barbara McClintock, Buckminster Fuller, Stanley Prusiner, Andrei Linde, Günter Blobel, Claude Lévi-Strauss, Noam Chomsky, Karl Popper, Hugh Everett III, Harald zur Hausen.²⁸ Es trifft in erster Linie jüngere, noch unbekannte, nicht etablierte Wissenschaftler, die sich zu weit vom aktuellen Konsens entfernt haben, wie Polly Matzinger, Lynn Margulis, Candace B. Pert oder Bonnie Bassler²⁹, ferner solche, die die Grenzen ihrer Disziplin verletzen. Hin und wieder trifft es auch etablierte Wissenschaftler, selbst Nobelpreisträger, wenn sie sich zu weit vom Konsens der Mehrheit entfernen (z.B. Brian Josephson), oder wenn sie zu offen zu verstehen geben, daß sie selbst nicht wissen, was bei ihren Untersuchungen herauskommen wird.

Natürlich ist gerade diese Ergebnisoffenheit das Kennzeichen kreativer/innovativer Forschung, aber sie verursacht Unbehagen bei jenen, die immer alles „unter Kontrolle“ haben möchten, weil sie – wie etwa die Verantwortlichen für die Vergabe von Drittmitteln – anderen gegenüber rechenschaftspflichtig sind. Eine Forschungsförderung, die auf Kontrolle zielt und für alles Rechenschaft einfordert, trägt der Funktionsweise erfolgreicher Wissenschaft nicht angemessen Rechnung. Erfolgreiche Forschung muss permanent mit dem Unvorhersehbaren rechnen und in der Lage sein, flexibel auf dieses zu reagieren. Sie hat immer chaotische (also nichtberechenbare) Eigenschaften, weil sie ihre eigene Zukunft, insbesondere die vielen kleinen intervenierenden Zufälle, die situationsgebundenen

27 Neidhardt, F., Selbststeuerung in der Forschungsförderung. Das Gutachterwesen der DFG. Opladen: Westdeutscher Verlag 1988, S. 136.

28 Weitere Beispiele in: Fischer, K., Ist Evaluation unvermeidlich innovationshemmend? – In: Drehscheibe E-Mitteuropa. Information: Produzenten, Vermittler, Nutzer. Die gemeinsame Zukunft (Biblos-Schriften Band 173). Hrsg. Von E. Pipp. Wien 2002, S. 109 – 128; Horrobin, D. E., The Philosophical Basis of Peer Review and the Suppression of Innovation. – In: JAMA, Vol. 263 (1990), No. 10., S. 1438 – 1441. Sommer, T. J., Suppression of Scientific Research: Bahramdipity and Nulltiple Scientific Discoveries. – In: Science and Engineering Ethics, Vol. 7 (2001), No. 1, S. 77 – 104.

29 Hanisch, C., Eine Expertin der Abwehr. – In: DIE ZEIT Nr. 2, 30.5.1997, S. 34; Margulis, L., Die andere Evolution, Berlin/Heidelberg 1999; Pert, C. B., Moleküle der Gefühle, Reinbek 1999.;Breuer, H., Das Wispern der Mikroben. – In: DIE ZEIT Nr. 40, 25. 9. 2003, S. 36.

Interaktionen, die neuen ins Spiel kommenden Faktoren, die überraschenden Nichtlinearitäten, nicht vorhersehen kann.

Der Molekulargenetiker und Nobelpreisträger Joshua Lederberg hat den Widerspruch zwischen der Natur innovativer Forschung und dem Verfahren ihrer Finanzierung wie folgt beschrieben. „The implication that an investigator should ‘know what he is doing’ before being worthy of a grant flies in the face of the actual history of the most creative discovery. How would a project proposal to NSF (National Science Foundation - K. F.) have fared that looked to explore the high-temperature superconductivity of ceramics? And I will aver in retrospect about my own career since 1946 that none of my own most consequential discoveries had been telegraphed in project proposals beforehand. About the most important matters, we are *always* too ignorant in advance to spell out the discoveries we might make.”³⁰ Günter Blobel: „If you can predict what you’re going to do for five years, it’s probably going to be bad.“³¹

Das bedeutet nicht, dass Forschung und Wissenschaft per se unplanbar sind. Erwin Chargaff bemerkt: „The so-called advance of science rests, in most cases, on two kinds of observation: predictable and unpredictable. The major part is of the first kind, predictable; it grows out of the accumulated body of accepted knowledge, and these observations can very well be made by teams or at least by several people in collaboration. The much rarer kind, the unpredictable observations, are the only ones deserving the name of discovery, and they are always due to a single person.[...] The trend is all toward the creation of very large scientific conglomerates in which, under the leadership of men with managerial qualifications, the predictable will be discovered in ton lots. [...] The frightening waste of resources will become evident to anybody who considers how little of value the orgy of goal directedness has actually produced. One could, in fact, argue that our scheme of research support has much more harmed than helped the scientific growth of the individual.“³² Die Ansichten von Blobel und Chargaff werden durch die Ergebnisse bestätigt, die Martin Harwit bei seiner Analyse der Geschichte der Astronomie erzielt hat.³³

30 Lederberg, J., Does scientific progress come from projects or people? – In: Garfield, E., Creativity, Delayed Recognition, and Other Essays (Essays of an Informations Scientist Vol. 12). Philadelphia: ISI Press 1991, S. 340.

31 Goodman, B., Observers fear funding practices may spell the Death of innovative grant proposals. – In: The Scientist, June 1995 <http://www.the-scientist.library>.

32 Chargaff, E., In praise of smallness. – In: Perspectives in Biology and Medicine. 23 (1980), S. 37.

33 Harwit, M., Die Entdeckung des Kosmos. München: Piper 1983. S. 49ff.

Obwohl möglicherweise der größte Teil der gegenwärtig betriebenen Wissenschaft – und vielleicht ein noch größerer der Technik – auf Planung beruhen mag, entzieht sich gerade ein strategisch zentraler Aspekt von Wissenschaft und Technik der Steuerbarkeit: das Aufspüren neuer Pfade in unbekanntes Gelände. Fleming konnte nicht planen, das Penicillin zu entdecken, Galilei nicht, die Jupitermonde zu sehen, Kolumbus nicht, Amerika zu finden, Kamerlingh Onnes nicht, die Supraleitung zu entdecken, Rutherford nicht, auf einen supermassiven Kern im Atom zu stoßen, Penzias und Wilson nicht, die kosmische Hintergrundstrahlung aufzuspüren, Bednorz und Müller nicht, auf Hochtemperatursupraleiter zu stoßen, Perlmutter und Schmidt nicht, die beschleunigte Ausdehnung des Universums zu entdecken.

Man kann argumentieren, dass viele Entdeckungen oder Ergebnisse kreativer Forschung durchaus planerische Elemente enthalten und auf theoretischen Erwartungen beruhen, die zumindest teilweise bestätigt wurden. Es gibt Entdeckungen und Entwicklungen, bei denen die Randbedingungen einer Lösung so gut definiert sind, daß man sie bei Unterstellung des notwendigen wissenschaftlichen Weitblicks *absichtlich* nennen könnte. Dazu zählen Fluggeräte, Automobile, Elektronenmikroskop, Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop, Transistor, integrierter Schaltkreis, Computer, Atombombe, Fusionsreaktor, genetisch veränderte Lebewesen, Nanomaschinen, aber auch elektromagnetische Wellen, die Struktur der DNS oder das Higgs-Boson. Bei genauerer Analyse etwa der Entwicklung von Fluggeräten oder der unendlichen Geschichte des Fusionsreaktors zeigt sich jedoch, daß das Unberechenbare, der glückliche Zufall, die „serendipity“³⁴ auch hier eine größere Rolle spielen als der eingefleischte Wissenschaftsplaner ihnen freiwillig zugestehen würde.

zu 5f) Die existierenden Traditionen und Praktiken der Wissenschaft als Ressource für kreative Forschung, aber auch als Raum und aktuelle Grenze für Denkmöglichkeiten.

Gewisse Denkmöglichkeiten geraten erst zu einem bestimmten Zeitpunkt auf den „Radarschirm“ der Forschung, und dieser Prozess des Erkennens neuer Möglichkeiten ist diskontinuierlich. Es gibt Zeiten, in denen sich der Raum des Denkmöglichen plötzlich enorm erweitert, und es gibt lange Epochen, in denen sich dieser Raum trotz größter Anstrengungen kaum vergrößert. Es scheint Schlüsselerfindungen zu geben, die innerhalb kurzer Zeit neue Denkwelten öff-

34 Sommer, T. J., Suppression of Scientific Research: Bahramdipity and Nulltiple Scientific Discoveries. – In: Science and Engineering Ethics, Vol. 7 (2001), No. 1, S. 77 – 104; Roberts, R. M., Serendipity. Accidental Discoveries in Science. New York u.a.: Wiley 1989.

nen, von denen man vorher nicht einmal wusste, dass sie existieren. Um Neuerungen zum Erfolg zu führen, sind in der Regel viele weitere kleinere Neuerungen notwendig. Nahezu jede große Innovation zeigt Systemcharakter: Eisenbahn, Auto, Flugzeug, Rakete, Fernsehen, Computer, Energieerzeugung, Transistor, integrierter Schaltkreis, GPS, Internet, etc. Aus den unscheinbaren Anfängen dieser Erfindungen hätte man nie erschließen können, was sich daraus bis heute entwickelt hat. Ebenso wenig können wir wissen, was sich aus den unscheinbaren Anfängen des Quantencomputers, der Nanotechnologie, der Gentechnologie, der Bio- und Neuroinformatik, der Bioprothetik und selbst der Informationstechnologie noch entwickeln wird.

Autoren

Prof. Dr. Klaus Fischer, Fachbereich für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Trier, D - 54286 Trier.

PD Dr. Jochen Gläser, Zentrum Technik und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin, Hardenbergstraße 16-18, D - 10623 Berlin-Charlottenburg.

Prof. Dr. Thomas Heinze, Fachbereich Bildungs- und Sozialwissenschaften an der Bergischen Universität Wuppertal, Gausstraße 20, D - 42097 Wuppertal.

Dr. Horst Kant, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin, Boltzmannstraße 22, D - 14195 Berlin-Dahlem.

Dr. Grit Laudel, Center for Higher Education Policy Studies, University of Twente, P.O. Box 217, NL- 7500 Enschede

PD Dr. Heinrich Parthey, Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Sitz: Dorotheenstraße 26, D - 10117 Berlin-Mitte, Post: Unter den Linden 6, D - 10099 Berlin-Mitte.

Prof. Dr. Jürgen Renn, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin, Boltzmannstraße 22, D - 14195 Berlin-Dahlem.

Prof. Dr. Günter Spur, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin, Pascalstraße 8/9, D - 10587 Berlin-Charlottenburg

Prof. Dr. Walther Umstätter, Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin, Sitz: Dorotheenstraße 26, D - 10117 Berlin-Mitte, Post: Unter den Linden 6, D - 10099 Berlin-Mitte.

Prof. Dr. Rüdiger Wink, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Sitz: Gustav-Freytag-Straße 42a, D - 04277 Leipzig, Post: Postfach 30 11 66, D - 04251 Leipzig.
D - 04251 Leipzig

Bibliographie Manfred Bonitz.

Zusammengestellt anlässlich seines 80. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

Kernspektroskopie am Deuteronenstrahl. Dresden 1969. Dresden, Technische Universität, Sektion Physik, Habilitationsschrift v. 16. Dezember 1969. (siehe auch: ZfK-172. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung, März 1969. 81 Seiten).

Informationssysteme in Wissenschaft und Technik. 8 Vorlesungen für Chemiker. ZfK-272. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1974.

Wissenschaftliche Forschung und wissenschaftliche Information. Schriftenreihe „Beiträge zur Forschungstechnologie“, Bd. 6. Berlin: Akademie-Verlag 1979. (2. unver. Aufl. 1981). 199 Seiten.

(mit Günter Flach (Hrsg.)): Das Zentralinstitut für Kernforschung 1956 - 1979. ZfK-407. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1979.

(mit Günter Flach (Hrsg.)): Wissenschaftliches Kolloquium anlässlich des 25jährigen Bestehens des Zentralinstituts für Kernforschung Rossendorf. ZfK-463. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1981.

Sekundärzeitschriften / Porträt Derek John de Solla Price / Tempoprinzip der wissenschaftlichen Information. Drei Beiträge zu „Informationswissenschaft und Geschichte“. ZfK-608. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1986.

Wissenschaftliche Information und wissenschaftliches Verhalten. ZIID - Schriftenreihe, 20 S. Berlin: Zentralinstitut für Information und Dokumentation 1986.

(mit Günter Flach & H. Ullmann (Hrsg.)): 30 Jahre Zentralinstitut für Kernforschung. Beiträge eines Festkolloquiums. ZfK-602. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1986.

- Naucnoe issledovanie i naucnaja informacija. Moskva: Nauka 1987. (Übersetzung von „Wissenschaftliche Forschung und wissenschaftliche Information“. Berlin: Akademie-Verlag 1979).
- (mit Günter Flach & Gerhard Banse (Hrsg.)): Atomkraft - Herausforderung an die Menschheit. Berlin/Rosendorf: Präsidium der URANIA / Zentralinstitut für Kernforschung 1988. 239 Seiten.
- Fundamental principles in scientific communication. ZfK-673. Rosendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1989.
- (mit R. Todorov, Eberhard Bruckner, Hans-Jürgen Czerwon, Wolfgang Glänzel, Andrea Scharnhorst & P. Vinkler (Hrsg.)): Die Wissenschaft in osteuropäischen Ländern im internationalen Vergleich - eine quantitative Analyse auf der Grundlage wissenschaftsmetrischer Indikatoren. - In: Reihe Wissenschaftsforschung, Science Studies Report Bd. 38. Ed. by Peter Weingart. Bielefeld: Kleine Verlag 1991. 154 Seiten.
- (Guest editor): Scientometrics Research in the German Democratic Republic. - In: Scientometrics (Amsterdam). 18(1990)1/2, S. 5 - 155.
- (Guest editor): Vassily Vassilievich Nalimov. Memorial issue. - In: Scientometrics (Amsterdam). 52(2001)2, S. 101 - 361.
- (mit Andrea Scharnhorst): Nicht alle Zeitschriften haben das gleiche Gewicht – Der harte Kern der Wissenschaftskommunikation. Report-Nr. FSII01-301. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 2001. 32 Seiten.
- (mit Andrea Scharnhorst): Atlas of the Matthew Core Journals. 1990 - 1994. Philadelphia: März 2001. 170 Seiten.

II. Artikel in periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen

- Über ein Aufdampf- und Messverfahren zur Herstellung und Eichung von flächenhaften Dämpfungsgliedern im Mikrowellengebiet. – In: Nachrichtentechnik .6(1956), S. 443.
- (mit E. E. Berlovic, K. M. Grotovski & G. M. Gorodinskij): Vremja zizni urovnja 264kev v 167Er. – In: Zurnal' eksperimental'noj i teoreticeskoj fiziki (Moskva). 33(1957), S. 1523.

- (mit E. E. Berlovic, K. M. Grotovski V. I. Breslav & V. K. Preobrazenskij): Issledovanija vremen zizni urovnej jader, vobuzdennyh v elektronnom zachvate. – In: Izvestija ANSSSR, Ser. Fiziki (Moskva). 21(1957), S. 1643.
- (mit E. Ye. Berlovich, K. Grotovski, V. I. Breslav & V. K. Preobrashenski): Investigations of lifetimes of low-energy levels excited in electron capture. – In: Nuclear Physics. 6(1958), S. 672.
- (mit E. E. Berlovic): Bemerkungen zu einem schnellen 20-Kanal-Impulshöhenanalysator. – In: Nuclear Instruments & Methods. 4(1959), S. 133.
- (mit E. Ye. Berlovich): Notes on a fast time analyzer for short lifetime measurements. – In: Nuclear Instruments & Methods 9(1960)13.
- (mit E. E. Berlovic & V. V. Nikitin): Izmerenie vremen zizni pervykh vobuzdennykh sostojanij ^{159}Tb i ^{173}Yb s pomosc'ju mnogokanal'nogo vremennogo analizatora. – In: Izvestija ANSSSR, Ser. Fiziki (Moskva). 25(1961), S. 218.
- (mit E. E. Berlovic & M. K. Nikitin): g-factory kollektivnogo i vnutrennego dviženij v jadrach ^{159}Tb i ^{173}Yb . – In: Zurnal' eksperimental'noj i teoreticeskoj fiziki (Moskva). 40(1961), S. 749.
- (mit E. E. Berlovic, Ju. K. Gusev & M. K. Nikitin): Verojatnosti odnocasticnyh perechodov v jadre ^{173}Yb . – In: Izvestija ANSSSR, Ser. Fiziki (Moskva). 25(1961), S. 1275.
- Modern multi-channel time analyzers in the nanosecond range. – In: Nuclear Instruments & Methods 22(1963), S. 238.
- Vorschlag für eine Methode zur Erzielung des optimalen Auflösungsvermögens von Kurzzeit-Photovervielfachern. – In: Experimentelle Technik der Physik (Berlin). 11(1963), S. 190.
- (mit Wolfgang Meiling & Franz Sary): Notes on the existence of prepulses in photomultipliers. – ZfK-PhA-10. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung, September 1963.
- (mit Wolfgang Meiling & Franz Sary): Vorimpulse in Kurzzeit-Photovervielfachern. – In: Experimentelle Technik der Physik (Berlin). 12(1964), S. 127.
- (mit Wolfgang Meiling & Franz Sary): Prepulses in photomultipliers. – In: Nuclear Instruments & Methods 29(1964), S. 314.
- (mit Wolfgang Meiling & Franz Sary): Examination of the time behaviour of photomultipliers with the aid of a multi-channel time analyser and a light pul-

- se generator (involves photomultipliers K14FS50, 56AVP, FEU-36). – In: Nuclear Instruments & Methods 29(1964), S. 309.
- (mit Wolfgang Meiling & Franz Sary): Issledovanie razrezenija vremennykh fotumnozitelej K14FS50, 56AVP i FEU-36 s pomosc'ju mnogokanal'nogo vremennogo analizatora. – In: Dubna-Report-1677. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research 1964. S. 174.
- (mit Wolfgang Meiling & Franz Sary): Predimpul'sy v fotumnozitelach. – In: Dubna-Report-1677. Dubna: Joint Institute for Nuclear Research 1964. S. 183.
- (mit P. Winkler & R. Kästner): Two-dimensional time analyzer suitable for lifetime measurements in the nanosecond range. – In: Nuclear Instruments & Methods 31(1964), S. 357.
- (mit A. Andreeff & R. Kästner): Einige Bemerkungen zu Auswahlregeln für elektromagnetische Übergänge mit Spin-Flip in deformierten u-u-Kernen. – In: ZfK-PhA-26. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1967.
- Für eine aktive Zusammenarbeit mit der Industrie. Kernphysikalische Kurzzeitmessungen im Zentralinstitut für Kernforschung. – In: Spektrum (Berlin). 13(1967)9, S. 349.
- (mit A. Andreeff, R. Kästner, P. Manfraß, J. Borggreen & N.J.S. Hansen): The Omega-forbidden decay of the 4.1 microsec isomeric state in ^{170}Tm . – In: Nuclear Physics A 102(1967), S. 241.
- (mit N.J.S. Hansen): Decay of a new isomeric state in ^{159}Gd . – In: Nuclear Physics A 111(1968), S. 551.
- (mit J. Kantele & N.J.S. Hansen): Evidence for a j-forbidden isomeric transition in ^{208}Bi . – In: Nuclear Physics A 115(1968), S. 219.
- Experimenteller Hinweis auf ein 130 ns-Isomer in ^{198}Au . – In: ZfK-150. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1968, S. 87.
- Evidence for a 130 ns isomeric state in ^{198}Au . – In: Nuclear Physics A 118(1968), S. 478.
- (mit L. Funke, K.-H. Kaun, P. Kemnitz, H. Sodan, G. Winter & Franz Sary): Three-quasiparticle excitations in ^{175}Yb . – In: Nuclear Physics A. 130(1969), S. 333.

- Das Internationale Nuklear-Informationssystem INIS. - ZfK-194. Rossendorf: Zentralinstitut für Kernforschung 1970.
- (mit H. Vollrath & H. Bitterlich): Erste Erfahrungen mit dem International Nuclear Information System in einem Forschungsinstitut der DDR. – In: INER-Schriftenreihe. Ilmenau: Institut für Informationswissenschaft, Erfindungswesen und Recht 1973. Heft 22, S. 13 – 14.
- Pionier moderner Informationstätigkeit - das BINT in Berlin. – In: Informatik Berlin). 22(1975)2, S. 6.
- Information für die Forschung – Forschung für die Information. – In: Spektrum (Berlin). 7(1976)4, S. 30.
- Eine Methode zur Optimierung des Zeitschriftenbestandes in großen Forschungsbibliotheken. – In: INER-Schriftenreihe. Ilmenau: Institut für Informationswissenschaft, Erfindungswesen und Recht 1976. Heft 31, S. 25 – 40.
- Notes on the development of secondary periodicals from the 'Journal des Scavans' to the 'Pharmaceutisches Central-Blatt'. – In: International Forum on Information and Documentation. 2(1977)1, S. 26 – 31.
- Iz istorii vtorichnych zurnalov: ot 'Journal des Scavans' do 'Pharmaceutisches Central-Blatt'. – In: Mezdunarodnyj Forum po Informacii i Dokumentacii. 2(1977)1, S. 27 – 32.
- Dass die Wissenschaft wirklich in Fleisch und Blut übergeht. Bemerkungen zur Erschließung des Schatzes leninscher Ideen für die wissenschaftliche Informationstätigkeit. – In: Informatik (Berlin). 24(1977)6, S. 2 – 4.
- (mit P. Schmidt): The growing importance of R&D reports as shown by nuclear science reports. – In: International Forum on Information and Documentation. 3(1978)1, S. 8 – 12.
- (mit P. Smidt): Vozrastajuscee znacenie otchetov na primere otchetov v oblasti jadenoj fiziki. – In: Mezdunarodnyj Forum po Informacii i Dokumentacii (Moskva). 3(1978)1, S. 8 – 12.
- Zur Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin Informatik in der DDR. – In: Informatik (Berlin). 25(1978)4, S. 43 – 48.
- Gedanken Wilhelm Ostwalds zum Informationsproblem in der wissenschaftlichen Forschung. - In: Internationales Symposium anlässlich des 125. Geburtstags von Wilhelm Ostwald, Sitzungsberichte der Akademie der

Wissenschaften der DDR, Mathematik-Naturwissenschaften, Nr.13/N, Berlin: Akademie-Verlag 1979. S. 142-148.

Evidence for the invalidity of the Bradford law for the single scientist. - In: Scientometrics (Amsterdam). 2(1980)2, S. 203 - 214.

Vil'gel'm Ostval'd o problemach naucnogo informirovanija. - In: Naucno-techneskaia informacija, Ser.1 (1980)1, S. 26 - 28.

(mit P. Schmidt): Übergang von der Makroinformationsebene zur Mikroinformationsebene bei Rangverteilungsuntersuchungen an einem internationalen Informationssystem. - In: Informatik 27(1980)5, S. 18 - 22.

Nicht toter Buchstabe oder modische Phrase. Anmerkungen zu einem im Deutschen wenig genutzten Ausspruch Lenins über die Wissenschaft. - In: spectrum (Berlin). 12(1980), S. 28 - 29.

(mit P. Schmidt): The growing importance of R&D reports as shown by nuclear science reports. - In: Journal of Radioanalytical Chemistry 57(1980)1, S. 7 - 16.

(mit P. Schmidt): Koinzidenzmethode und Zwei-Ebenen-Konzept. - In: Informatik .28(1981)4, S. 36 - 41.

Scientometrie, Bibliometrie, Informetrie. - In: INER-Schriftenreihe. Ilmenau: Institut für Informationswissenschaft, Erfindungswesen und Recht. 1981. Heft 54, S. 36 - 49.

Scientometrie, Bibliometrie, Informetrie. - In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 96(1982)1, S. 19 - 24.

(mit P. Schmidt): Transition from the macrolevel to the microlevel of information at rank distribution investigations of the report literature of an international information system. - In: Scientometrics (Amsterdam). 4(1982)4, S. 283 - 295.

Rangverteilungsuntersuchungen an internationalen Informationssystemen als perspektivischer Methode der Scientometrie. Zur Entstehung der Koinzidenzmethode und des Zwei-Ebenen-Konzepts. - In: Methodologische Probleme der Wissenschaftsforschung. Teil III: Wissenschaftsmetrische Methoden. Hrsg. v. Heinrich Parthey, Dieter Schulze, A. A. Starcenko u. I. S. Timofeev. Berlin: Humboldt-Universität 1982. Wissenschaftswissenschaftliche Beiträge, Heft 17. S. 96 - 105.

- Gustav Theodor Fechner – der anonyme erste Redakteur des 'Pharmaceutischen Central-Blatts'. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 97(1983)2, S. 70 – 72.
- Wie gut sind unsere wissenschaftlichen Zeitschriften? DDR-Zeitschriften in den Journal Citation Reports. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 97(1983)6, S. 253 – 256.
- Wissenschaftliche Kommunikation - heute und morgen. – In: Forschungstechnologie. Aufgaben-Probleme-Aktivitäten. Beiträge zur Forschungstechnologie, Bd. 9. Berlin: Akademie-Verlag 1983. S. 154 – 172.
- Wie lassen sich die Frontgebiete der Forschung bestimmen? ISI-Atlas of Science für Biochemie und Molekularbiologie. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 97(1983)7, S. 295 – 296.
- Wissenschaftliches Zitieren - cui bono? Der 'Science Citation Index' des Institute for Scientific Information. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 97(1983)9, S. 393 – 395.
- Universalgedächtnis - heute noch? - In: spectrum 8(1983) S. 26.
- Zur Informatik-Diskussion in der UdSSR. – In: Informatik. 31(1984)1, S. 33 – 36.
- Scientometrischer Vergleich der Publikationstätigkeit akademischer Einrichtungen am Beispiel des ZfK Rossendorf und des ZfI Leipzig der AdW der DDR. – In: Informatik. 31(1984)5, S. 33 – 36.
- Sage mir, wo du publizierst... – In: wissenschaft & fortschritt (Berlin). 35(1985)1, S. 23 – 24.
- Journal ranking by Selective Impact. New method based on SDI results and journal impact factors. – In: Scientometrics (Amsterdam). 7(1985)3/6, S. 471 – 485.
- Wissenschaftliche Information und Kommunikation - informationswissenschaftliche Aspekte. – In: Technisch-ökonomische Information in der zivilen Luftfahrt. 21(1985)1, S. 30 – 33.
- Holographie- und Tempoprinzip: Verhaltensprinzipien im System der wissenschaftlichen Kommunikation. – In: Informatik. 33(1985)5, S. 191 – 193.
- (mit Günter Flach): 30 Jahre kernenergetische Forschung im Zentralinstitut für Kernforschung. – In: Kernenergie. 29(1986)1, S. 1 – 2.

- Computer zähmen Informationslawine. – In: *wissenschaft & fortschritt* (Berlin). 36(1986)10, S.10 – 11.
- Spitzenleistungen erzielen – wissenschaftlich-technische Information nutzen. – In: *Technische Gemeinschaft*.10(1987) S. 16 –17.
- Die Bedeutung des Holographie- und Tempoprinzips für die Informationswissenschaft. – In: *INER-Schriftenreihe*, Heft 70. Ilmenau: Institut für Informationswissenschaft, Erfindungswesen und Recht 1987. S. 129 – 132.
- Streit mit dem Jubilar. – In: *Festkolloquium für Heinz Engelbert*. Berlin: Humboldt-Universität, Sektion Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation 1987. *Wissenschaftswissenschaftliche Beiträge*, Heft 57. S. 56 – 58.
- Was geschah in Cernobyl? - In: *Atomkraft - Herausforderung an die Menschheit*. Hrsg. v. Günter Flach, Gerhard Banse u. Manfred Bonitz. Berlin/Rosendorf: Präsidium der URANIA / Zentralinstitut für Kernforschung, 1988, S. 124 – 134.
- Das Doppelgesicht der modernen Informatik. Bemerkungen zu einer Arbeit von Ju. A. Srejder. – In: *Informatik* (Berlin). 36(1989)2, S. 71.
- Derek John de Solla Price (1922-1983) – Pionier der Wissenschaftswissenschaft und Wissenschaftsmetrie. – In: *INTSEM 'Quantitative Methoden in der Wissenschaftsforschung'*, Leipzig, 1.-6. Feb.1988. Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft 1990. *Reihe Kolloquien*, Heft 73, S. 21 – 30.
- Journal ranking by different parameters. Part I. Collectivity and Selective Collectivity: Two new ranking parameters reflecting the structure of a journal's network. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 18(1990)1/2, S. 57 – 73.
- Journal ranking by different parameters. Part II. Individual or collective: which parameters are best suited for journal ranking? – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 18(1990)1/2, S. 75 – 93.
- Information - Wissen - Informatik. – In: *INER-Schriftenreihe*, Heft 77. Ilmenau: Institut für Informationswissenschaft, Erfindungswesen und Recht 1990, S. 4 – 20.
- Information – knowledge – informatics. – In: *International Forum on Information and Documentation*. 15(1990)2, S. 3 – 7.

- Informacija – znanie – informatika. – In: Mezdunarodnyj Forum po Informaciji i Dokumentaciji (Moskva). 15(1990)2, S. 3 – 6.
- SCI auf CD-ROM oder das größte Expertensystem der Welt. – In: Informatik (Berlin). 37(1990)1, S. 37 – 40.
- Science Citation Index on CD-ROM: The largest expert system in the world. – In: International Forum on Information and Documentation. 15(1990)3, S. 9 – 12.
- Ukazatel' citirovannoj literatury na kompakt-diskach, ili krupnejsaja v mire ekspertnaja sistema. – In: Mezdunarodnyj Forum po Informaciji i Dokumentaciji (Moskva). 15(1990)3, S. 9 – 12.
- A Science Citation Index CD-ROM-on, avagy a vilag legnagyobb szakert rendszere? – In: Orszagos mueszaki informacios kozpont es koenyvtar. 37(1990)12, S. 520 – 523.
- Information - Wissen - Informatik. – In: Informatik (Berlin). 37(1990)4, S. 132 – 135.
- The impact of behavioral principles on the design of the system of scientific communication. – In: Scientometrics (Amsterdam). 20(1991)1, S. 107 – 111.
- The existence of simple principles governing human and scientific information behavior in the system of scientific communication. – In: Library and Information Science Research. 13(1991)S. 61 – 66.
- A False Taboo: Bradford. – In: International Forum on Information and Documentation. 16(1991)2, S. 15 – 17.
- Loznyj zapret: Bredford. – In: Mezdunarodnyj Forum po Informaciji i Dokumentaciji (Moskva). 16(1991)2, S. 14 – 16.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Publication structures: Comparison between countries. – In: International Forum on Information and Documentation. 17(1992)4, S. 17 – 20.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Sarnchorst): Publikacionnye struktury: sravnenie po stranam. - In: Mezdunarodnyj Forum po Informaciji i Dokumentaciji 17(1992)4, S. 17 - 20.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Science Strategy Index. – In: Scientometrics (Amsterdam). 26(1993)1, S. 37 – 50.

- Comments on Andras Schubert, recipient of the 1993 Derek de Solla Price award. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 28(1993)3, S. 234 – 235.
- The multidimensional space of scientometrics: The Derek John de Solla Price award. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 29(1994)1, S. 3 – 14.
- Scientometrie im Spiegel der Solla-Price-Medaillengewinner 1984 bis 1993. – In: *Nachrichten für Dokumentation*. 45(1994)2, S. 106 – 111.
- Promoting Scientometrics by International Schools. (Comment on Glänzel/Schöpfliin-Article). – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 30(1994)2/3, S. 451 – 453.
- Letter to the Editor. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 31(1994)1, S. 123.
- Comments on Robert K. Merton, recipient of the 1995 Derek de Solla Price award. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 34(1995)2, S. III – VII.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Characteristics and Impact of the Matthew Effect for Countries. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 40(1997)3, S. 407 – 422.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): The Matthew Index – concentration patterns and Matthew core journals. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 44(1999)3, S. 361 – 378.
- Die wissenschaftlichen Talente der Nationen oder die Wissenschaft und das Himmelreich. – In: *Jahresringe, Vorträge und Sitzungsberichte* (Dresden) 6(1999)26.
- The scientific talents of nations. Impact of the Matthew effect for countries on scientometrics, sociology of science, and research policy. Paper presented at the Second Conference on Baltic Studies in Europe. Values and Norms in Societies in Change. Vilnius, August 20 - 23, 1997. – In: *Mokslotyra*. 3(1999), S. 9 – 20.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Country maps through co-structure clustering. – In: *Fourth International Conference on Bibliometrics, Informetrics und Scientometrics, 1993 Berlin*. – In: *Science and Science of Science. Special Issue*. 1(1994)3, S. 5 – 13.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Characteristics and impact of the Matthew effect for countries. – In: *Scientometrics* (Amsterdam). 40(1997)3, S. 407 – 422.

- The scientific talents of nations. – In: Libri. 47(1997)4, S. 206 – 213.
- Effekt Matfeja dlja stran: otkrytie, issledovanie, rezul'taty. – In: Mezdunarodnyj Forum po Informacii i Dokumentacii (Mioskva). 24(1999)2, S. 12 – 18.
- (mit Andrea Scharnhorst): Competition in science and the Matthew core journals. – In: Scientometrics (Amsterdam). 51(2001)1, S. 37 – 51.
- Guest editor's foreword. - In: Scientometrics 52(2001)2, S. 107 - 109.
- Ranking of Nations and Heightened Competition in Matthew Core Journals: Two Faces of the Matthew Effect for Countries. - In: LIBRARY TRENDS 50(2002)3, S. 440 - 460.
- Self-Emancipation Proclamation and a light-hearted but nevertheless deeply-felt exception. – In: Scientometrics. 60(2004)1, S. 19 – 24.

III. Beiträge zu wissenschaftlichen Sammelbänden und Lexika

- 19 Sachbegriffe aus den Gebieten Kybernetik und Informatik (Lexikonartikel). – In: Lexikon der Wirtschaft, Band Arbeit. Berlin: Verlag die Wirtschaft 1982.
- Journal ranking by Selective Impact. New method based on SDI results and journal impact factors. – In: 2. Conference on 'Scientometrics und linguistics of the scientific text', Varna, 1984. Ed. by D. Tomov and L. Dimitrova. Sofia: Bulgarian Sociological Association 1984. S. 78 – 79.
- Science Citation Index – Einführung am Beispiel des Zentralinstituts für Isotopen- und Strahlenforschung. – In: ZfI-Mitteilungen, Heft 64. Leipzig: Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung 1983. S. 58 – 67.
- Informatik (Lexikonartikel). – In: Lexikon der Kybernetik, Ergänzungsband A-Z. Berlin: Akademie-Verlag 1985. S. 78 – 79.
- Can there be found simple principles governing human behavior in the system of scientific communication? - In: System Design for Human Development and Productivity: Participation and Beyond. Ed. by Klaus Fuchs-Kittowski and D. Gertenbach. Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR 1987. S. 63 - 66.
- Zum Stand der Diskussion über Verhaltensprinzipien der wissenschaftlichen Information. – In: 5. wiss. Symposium des WIZ der Akademie der Wissenschaften der DDR, 12.-14.10.1987. Berlin: Wissenschaftliches Informationszentrum der Akademie der Wissenschaften der DDR 1988, S. 417 – 423.

- Die wissenschaftliche Information und der Computer. – In: Forschungstechnologie '87. Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR 1988, S. 63 – 76.
- Impact of behavioral principles on the design of the system of scientific communication (Thesen). – In IFIP-HUB-Conference, TC9, WG9. 1 July 1989, Berlin. Berlin: Humboldt-University 1989.
- Das größte Expertensystem der Welt. – In: Forschungstechnologie '89, Berlin, 12.-13.12.1989. Hrsg. v. Wedigo Thimm u. B. Feigenspan. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin und Akademie der Wissenschaften der DDR 1990, S. 45 – 57.
- Das holographische Prinzip und die Informationswissenschaft. – In: Deutscher Dokumentartag 1990. Fulda 25.-27. September 1990. Proceedings. Hrsg. v. Wolfgang Neubauer u. K.-H. Meier. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1991. S. 593 – 603.
- Falsches Tabu: Bradford. – In: Deutscher Dokumentartag 1990. Fulda 25.-27. September 1990. Proceedings. Hrsg. v. Wolfgang Neubauer u. K.-H. Meier. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1991. S. 163 –171.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Publikationsstrukturen im Ländervergleich. – In: Wissensbasierte Informationssysteme und Informationsmanagement. Proceedings des 2. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft zusammen mit dem 17. Internationalen Kolloquium für Information und Dokumentation. Band 2. Hrsg. v. H. Killenberg, Rainer Kuhlen u. H.-J. Manecke. Konstanz: Universitätsverlag 1991. S. 218 – 227.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Publikationsstrukturen ausgewählter Länder. – In: Die Wissenschaft in ost-europäischen Ländern im internationalen Vergleich – eine quantitative Analyse auf der Grundlage wissenschaftsmetrischer Indikatoren. Hrsg. v. Peter Weingart. Bielefeld: Kleine Verlag 1991. S. 41 – 43.
- (mit Eberhard Bruckner, Hans-Jürgen Czerwon & Andrea Scharnhorst): Ländervergleiche auf der Basis durchschnittlicher Zitationsraten und des Indikators RCR auf den großen Fachgebieten. – In: Die Wissenschaft in ost-europäischen Ländern im internationalen Vergleich – eine quantitative Analyse auf der Grundlage wissenschaftsmetrischer Indikatoren. Hrsg. v. Peter Weingart. Bielefeld: Kleine Verlag 1991. S. 44 – 50.

- (mit Wolfgang Glänzel, Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Wissenschaftsmetrische Indikatoren für osteuropäische Länder im Vergleich mit ausgewählten westeuropäischen Ländern auf den großen Fachgebieten. – In: Die Wissenschaft in osteuropäischen Ländern im internationalen Vergleich – eine quantitative Analyse auf der Grundlage wissenschaftsmetrischer Indikatoren. Hrsg. v. Peter Weingart. Bielefeld: Kleine Verlag 1991. S. 13 – 17.
- (mit Eberhard Bruckner, Hans-Jürgen Czerwon, Wolfgang Glänzel & Andrea Scharnhorst): Ausgewählte Fragen der wissenschaftsmetrischen Evaluation der Wissenschaft in der BRD und DDR. – In: Die Wissenschaft in osteuropäischen Ländern im internationalen Vergleich - eine quantitative Analyse auf der Grundlage wissenschaftsmetrischer Indikatoren. Hrsg. v. Peter Weingart. Bielefeld: Kleine Verlag 1991. S. 100 – 138.
- Is the world science structure a good reference structure ? – In: Psientometrics (Tibor-Braun-Festschrift). Hrsg. v. A. Schubert. Budapest 1992. S. 51 – 55.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Strategie und Wirkung wissenschaftlichen Publizierens im Ländervergleich. – In: Deutscher Dokumentartag 1992. Berlin 22. - 25. September 1992. Proceedings. Hrsg. v. Wolfgang Neubauer u. K.-H. Meier. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1993. S. 641 – 660.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Comparison of national science structures by different distance measures. – In: Select proceedings Joint EC-Leiden Conference on Science & Technology Indicators. Ed. by Antzhony F. J. van Raan and R. E. de Bruin. Leiden: University of Leiden 1993. S. 301 – 314.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Country maps through co-structure clustering. – In: Select Papers Presented a the Fourth International Conference on Bibliometrics, Informetrics and Scientometrics, Berlin, 11-15 September 1993. Part IV. Hrsg. v. A. Korennoy, Wolfgang Glänzel u. Hildrun Kretschmer. Special Issue of the International Journal Science and Science of Science (Kiew) 5(1994)3, S. 5 – 13.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): The structure of world science in the eighties: country maps 1985-1989 versus 1980-1984. – In: Proceedings of the Fifth International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, June 7-10, 1995, River Forest, IL., USA, Eds. Michael E. D. Koenig and A. Bookstein. Medford, NJ., USA: Learned Information 1995, S. 63 – 72.

- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): The Matthew effect or the two worlds in science. Consequences from world science structure research. – In: Extended Abstracts of the Fourth Science and Technology Indicators Conference, October 5-7, 1995, Antwerp, Belgium. Leiden: Centre for Science and Technology Studies, University of Leiden 1995, S. 163 – 167
- Robert K. Merton und die Wissenschaftsmetrie – Wie zeitgemäß ist komplexe integrierte Wissenschaftsforschung? – In: 25 Jahre Wissenschaftsforschung in Ost-Berlin. Reden eines Kolloquiums, Berlin 23.09.1995. Hrsg. v. Hansgünter Meyer. Berlin: Schriftenreihe des Wissenschaftssoziologie und -statistik e. V., Heft 10, 1996, S. 136 – 137.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): "Denn wer da hat, dem wird gegeben ..." – Die Messung des Matthäuseffektes für Länder. – In: Deutscher Dokumentartag 1996. Die digitale Dokumentation. Universität Heidelberg, 24.-26. September 1996, Proceedings. Hrsg. v. Wolfgang Neubauer. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1996. S. 147 – 153.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Why and how could we measure the Matthew effect for countries? – In: Proceedings COLIS 2, Second International Conference on Conceptions of Library and Information Science, October 13-16, 1996, Copenhagen. Copenhagen: The Royal School of Librarianship 1996. S. 185 – 199.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): Characteristics and Impact of the Matthew Effect for Countries. – In: 6. International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, Jerusalem, June 16-19, 1997. Proceedings 1997. Ed. by B. C. Peritz and L. Egghe. Jerusalem: The Hebrew University of Jerusalem. School of Library, Archive and Information Studies 1997. S. 23 – 33.
- Mögliche Auswirkungen des "Matthäuseffekts für Länder" auf nationale Wissenschaftspolitik. – In: Wissenschaft und Politik-Diskurs: Kolloquien-Beiträge zu aktuellen Problemen der F&T-Politik. Hrsg. v. Hansgünter Meyer u. Helmut Steiner. Berlin 1998. S. 161 – 166.
- (mit Eberhard Bruckner & Andrea Scharnhorst): The Microstructure of the Matthew Effect for Countries. – In: Proceedings of the Seventh International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, July 5-8, 1999, Colima, Mexico. Ed. by César A. Macias-Chapula. Colima, Mexico: Universidad de Colima 1999. S. 50 – 64.

- Wird der Matthäus-Effekt in der Wissenschaft messbar bleiben? – In: *Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998*. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 231 – 238.
- The Latest Surprise from the Matthew Effect for Countries. – In: *Collaboration in Science. Proceedings of the First Berlin Workshop on Scientometrics and Informetrics, 16 - 19 August 1998*. Edited by Frank Havemann and Hildrun Kretschmer. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. S. 35 – 44.
- (mit Andrea Scharnhorst): National Science Systems and the Matthew Effect for Countries. – In: *Globalisierung und Wissenschaftsorganisation: Neue Aspekte für Wissen, Wissenschaft und Informationssysteme. Proceedings der 6. Tagung der Deutschen Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation, September 23-25, 1999, Hamburg*. Hrsg. v. Peter H. Ohly, Gerhard Rahmsdorf u. A. Siegel. Würzburg: Ergon Verlag 2000. S. 173 – 182.
- (mit Andrea Scharnhorst): First Atlas of All Matthew Core Journals. – In: *Abstracts of the Sixth Science and Technology Indicators Conference, May 24-27, 2000, Leiden, The Netherlands*. Leiden: University of Leiden 2000. S. 29.
- (mit Andrea Scharnhorst): The Matthew Effect in Science – Measures, Models, Interpretations. – In: *Abstracts of the 4S/EASST Conference 2000. Worlds in Transition: Technoscience, Citizenship and Culture in the 21st Century, September 27-30, 2000, Vienna, Austria*. Vienna: University of Vienna 2000. S. 15.
- (mit Andrea Scharnhorst): Der harte Kern der Wissenschaftskommunikation. – In: *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000*. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter & Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 133 – 166.
- (mit Andrea Scharnhorst): Markets in Science: How to Measure Their Intrinsic Competition Strength. – In: *Proceedings of the 8th International Conference on Scientometrics & Informetrics, July 16-20, 2001, Sydney, Australia*. Ed. by M. Davis and C. S. Wilson, Vol. 2, Sydney: The University of New South Wales, Australia, July 2001. S. 835 – 836.

- (mit Andrea Scharnhorst): Wissenschaft und Ökonomie – wissenschaftsmetrische Bemerkungen. – In: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 85 – 95.
- (mit Andrea Scharnhorst): Überlegungen zu einer Theorie des Matthäuseffektes für Länder. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002. Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. S. 83 – 88.
- Wissenschaftliche Institutionen – Platz und Evaluation im System der wissenschaftlichen Kommunikation. Ein Forschungsansatz. – In: Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003. Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 119 – 127.
- Einige Bemerkungen zur frühen Nutzung des Begriffs Informatik in der DDR. – In: Informatik in der DDR – Eine Bilanz. Symposien vom 7. bis 9. Oktober 2004 in Chemnitz und vom 11. bis 12. Mai 2006 in Erfurt. Hrsg. v. Friedrich Naumann u. Gabriele Schade. Bonn: Gesellschaft für Informatik 2006. S. 385 – 391.
- Spontaneity of Consciousness: V. V. Nalimov's Most Ingenious Book. – In: Proceedings 11th Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics. June 25 – 27. 2007. Ed. by D. Torres Salinas and H. F. Moed. Madrid: CSIC 2007. S. 832 – 833.
- Einige Gedanken zum Bedeutungswandel des Wortes Informatik in den letzten Jahrzehnten. – In: Informatik in der DDR. Tagungsband zum IV. Symposium „Informatik in der DDR“ am 16. – 17. September 2010 in Berlin. Hrsg. v. Wolfgang Coy u. Peter Schirmbacher. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin 2010. S. 49 – 55.

IV. Rezensionen, Berichte und Übersetzungen

- Bericht über: Weiterbildung für Informationsfachkräfte am IPKIR in Moskau. – In: Informatik (Berlin). 22(1975)1, S. 11.
- Rezension zu: Novikov E. A., Egorov V. S., Informacija i issledovatel'. Leningrad: Izdatel'stvo Nauka, 1974. – In: Informatik 22(1975)1, S. 16.

- Bericht über: Mezhdunarodnyj Forum po Informacii i Dokumentacii – International Forum on Information and Documentation. – In: Informatik (Berlin). 24(1977)2, S. 46.
- Rezension zu: Nochmals zu Michajlov A. I., Cernyj A. I., Giljarevskij R.S., Naucnyje kommunikacii i informatika, Moskva: Izdatel'stvo Nauka, 1976. – In: Informatik (Berlin). 24(1977)5, S. 47.
- Übersetzung von: Informatik (Auswahlübersetzung aus Kap.10 des Buches „Wissenschaftliche Kommunikation und Informatik“). – In: Informatik (Berlin). 26(1979)4, S. 42–45.
- Rezension zu: Informatik. A. I. Michajlov, A. I. Cernyj, R.S. Giljarevskij. Naucnyje kommunikacii i informatika. Moskva: Nauka 1976. – In: Deutsche Literaturzeitung (Berlin). 101(1980)7/8, Sp.539–542.
- Bericht über: Die internationale Zeitschrift SCIENTOMETRICS. – In: Informatik (Berlin). 28(1981)4, S. 16–17.
- Rezension zu: Essays of an Information Scientist / Eugene Garfield. - volume 4, - Philadelphia: ISI-Press, 1981. - 780 Seiten - Foreword by Harriet Zuckerman. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 97(1983)5, S. 229–231.
- Rezension zu: Information I / Völz, H. 1. Aufl. - Berlin: Akademie-Verlag 1982. – In: Informatik (Berlin). 30(1983)6, S. 28.
- Rezension zu: Information II / Völz, H. 1. Aufl. - Berlin: Akademie-Verlag 1983. – In: Informatik (Berlin). 30(1983)6, S. 28–29.
- Rezension zu: Essays of an Information Scientist / Eugene Garfield. - volume 5, / Philadelphia: ISI-Press. 1983. - 848 Seiten. Foreword by Robert K. Merton. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 99(1984)1, S. 37–38.
- Bericht über: Die Anwendung der Atomenergie in der DDR für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Nationaler Bericht der DDR zur UNO-Konferenz über die Förderung der internationalen Zusammenarbeit bei der friedlichen Anwendung der Kernenergie. – In: spectrum (Berlin).18(1987)10, S. III.
- Rezension zu: Essays of an Information Scientist / Eugene Garfield with a foreword by V.V. Nalimov. - Philadelphia: ISI-Press, 1984. – In: Zentralblatt für Bibliothekswesen. 103(1988)4, S.183–184.

Rezension zu: *The Awards of Science and Other Essays* / Eugene Garfield with a foreword by Gerald Holton. - Philadelphia: ISI-Press, 1984. *Essays of an Information Scientist*, volume 7. - In: *Zentralblatt für Bibliothekswesen*. 103(1988)6, S. 272 – 273.

Bericht über: *THE SCIENTIST - the newspaper for the science professional*. - In: *spectrum* (Berlin). (1988)10, S. VII.

Rezension zu: *Ghostwriting and Other Essays* / Eugene Garfield with a foreword by Estelle Brodman. - Philadelphia: ISI-Press, 1985. *Essays of an Information Scientist*, volume 8. - In: *Zentralblatt für Bibliothekswesen*. 103(1988)12, S. 565 – 566.

Rezension zu: *Toward Scientography* / Eugene Garfield with a foreword by Arnold Thackray. - Philadelphia: ISI-Press, 1986. *Essays of an Information Scientist*, volume 9. - In: *Zentralblatt für Bibliothekswesen*. 104(1989)5, S. 232 – 233.

Rezension zu: *Neue Medien / Information und Kommunikation / Lexikon* hrsg. v. J. Herzog und M. Carl, Verlag Technik, Berlin 1989. - In: *Kernenergie*. 33(1990)2, S. 99.

Rezension zu: *Essays of an Information Scientist* / Eugene Garfield with a foreword by Heinz Pagels. - Philadelphia: ISI-Press, 1989. - vol. 10: *Peer Review, Refereeing, Fraud and Other Essays*. - In: *Informatik* (Berlin). 37(1990)4, S. 154 – 155.

Bericht über: *Fourth International Conference on Bibliometrics, Informetrics and Scientometrics*. - In: *Nachrichten für Dokumentation*. 45(1994)1, S. 48 – 49.

Rezension zu: *Dictionary of bibliometrics* / Virgil Diodato. - New York [u.a.]: Haworth-Press, 1994. - XIII, 185 Seiten. - In: *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie*. 43(1996)2, S.181 – 182.

Rezension zu: Loet Leydesdorff, *The Challenge of Scientometrics: The Development, Measurement und Self-Organization of Scientific Communications*. Leiden: DSWO Press, Leiden University, The Netherlands. - 1995. 243 Seiten. - In: *Scientometrics* (Amsterdam). 36(1996)2, S. 271 – 272.

Übersetzung von: Vassili Vassilievich Nalimov, *Spontaneität des Bewusstseins. Wahrscheinlichkeitstheorie der Bedeutungen und Bedeutungsarchitektonik*

der Persönlichkeit. Hrsg. v. Zh. Drogalina. Berlin: trafo-Wissenschaftsverlag
2009. 393 Seiten.

Bibliographie Walther Umstätter.

Zusammengestellt anlässlich seines 70. Geburtstages

I. Monographische und herausgegebene Schriften

Über die Differenzierung von Zellverbänden aus *Daucus carota* L. auf synthetischen Nährmedien. Berlin: Freie Universität, Fachbereich Biologie. Dissertation 1978 (Promotionsschrift zum Dr. rer. nat.). 131 Seiten.

(mit Margarete Rehm): Einführung in die Literaturdokumentation und Informationsvermittlung: Medizin, Biologie, Chemie, Physik. München - New York: K. G. Sauer 1981. 208 Seiten.

(mit Gisela Ewert): Lehrbuch der Bibliotheksverwaltung. Auf der Grundlage des Werkes von Wilhelm Krabbe und Wilhelm Martin Luther völlig neu bearbeitet. Stuttgart: Hiersemann 1997. 204 Seiten.

(mit Karl-Friedrich Wessel (Hrsg.)): Interdisziplinarität - Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey. - Bielefeld: Kleine Verlag 1999. 286 Seiten.

(mit Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko & Heinrich Parthey (Hrsg.)): Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. 2. Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 368 Seiten.

(mit Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey & Roland Wagner-Döbler (Hrsg.)): Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001. 2. Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 239 Seiten.

(mit Heinrich Parthey (Hrsg.)): Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. 2. Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 222 Seiten.

- (mit Roland Wagner-Döbler): Einführung in die Katalogkunde: vom Zettelkatalog zur Suchmaschine. Dritte Auflage des Werkes von Karl Löffler. Völlig neu bearbeitet. Stuttgart: Anton Hiersemann 2005. 172 Seiten.
- (mit Frank Havemann & Heinrich Parthey (Hrsg.)): Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. 2. Auflage 2012 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek], 296 Seiten.
- (mit Klaus Fuchs-Kittowski & Roland Wagner-Döbler (Hrsg.)): Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. 2. Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek], 198 Seiten.
- Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum. Bibliotheken als Bildungs- und Machtfaktor der modernen Gesellschaft. Berlin: Simon Verlag für Bibliothekswissen 2009. 337 Seiten.
- Die Jagd nach dem Buchstädtler Bibliotheksmarder: Von Buchschmaus von Nimmersatt. Berlin: Simon-Verlag für Bibliothekswissenschaft 2010. 108 Seiten.
- Lehrbuch des Bibliotheksmanagements. Stuttgart: Hiersemann Verlag 2011. 258 Seiten.

II. Artikel aus periodischen und anderen fortlaufend erscheinenden Publikationen

- (mit Margarete Rehm): Auswirkungen einer On-line-Literaturdokumentation auf eine Hochschulbibliothek. Ein Erfahrungsbericht aus der Universitätsbibliothek Ulm. – In: DFW. 27(1979)2, S. 43 – 46.
- Informationsvermittlung. (On-line-Literaturdokumentation). – In: uni ulm intern. 81(1980), S. 9 – 10.
- (mit Margarete Rehm): Die Universitätsbibliothek als Informationsstelle – Erfahrungen mit IMDINET. – In: Nachrichten für Dokumentation. 31(1980)4/5, S. 172 – 176.
- An evaluation study about the completeness of databases – for instance MEDLARS. Presentation at the MEDLARS Workshop in October 1981 at DIMDI (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information), Cologne. Distributed by DIMDI 1983.

- Die Nixdorf IuD-Station in der UB-Ulm. – In: Online Info. 4(1981)4, S. 4 – 5.
- Literaturfunde aus dem Computer. – In: Umbits Hauszeitung der Universität München. 1(1981)1, S. 5.
- Kann die Evolution in die Zukunft sehen? – In: Umschau. 81(1981)17, S. 534 – 535.
- (mit Margarete Rehm): Entscheidungshilfen für Bibliotheken zum Kauf medizinischer Zeitschriften. – In: DFW 29(1981)5, S. 123 – 125.
- (mit Margarete Rehm u. K. Tan-Engels): Die Preissteigerung von naturwissenschaftlichen Zeitschriften in den letzten fünf Jahren. – In: DFW 29(1981)3/4, S. 69 – 70.
- Alle zitieren sich – nur ich zitiere mich. Wozu braucht man den Science Citation Index? – In: uni ulm intern Nr. 97(1982), S. 14 – 15.
- Kein Geld für Bücher. – In: uni ulm intern Nr. 94(1982), S. 11 – 12.
- (mit Margarete Rehm): Buchbearbeitung und Zeitverlust. – In: ABI-Technik. Zeitschrift für Automation, Bau u. Technik im Archiv-, Bibliotheks- u. Informationswesen (München). 2(1982)3, S. 229 – 232.
- (mit Margarete Rehm): Über die Zeitschriftenbenutzung in einer Freihandbibliothek. Beobachtungen in der Universitätsbibliothek Ulm. – In: DFW 30(1982)1, S. 17 – 19.
- (mit Margarete Rehm): Die Universitätsbibliothek als Informationsvermittlungsstelle – Teil 2. Zwei Jahre nach Einführung von Gebühren. – In: Nachrichten für Dokumentation. 33(1982)3, S. 109 – 110.
- (mit Margarete Rehm & S. Dorogi): Die Halbwertszeit in der naturwissenschaftlichen Literatur. – In: Nachrichten für Dokumentation. 33(1982)2, S. 50 – 52.
- (mit Margarete Rehm): Können computergestützte Dokumentationsdienste die Referateblätter ersetzen? – In: Arbeitsgemeinschaft für Medizinisches Bibliothekswesen Mitteilungen Nr. 6 (1982).
- (mit Margarete Rehm): Bibliothek und Evolution. – In: Nachrichten für Dokumentation. 35(1984)6, S. 237 – 249.

- Ergebnisse anwenden bevor sie entdeckt sind. Computerunterstützte Dokumentationssysteme erleichtern Entscheidungen. – In: Umschau. 84(1984)5, S. 130 – 131.
- Produktinformation STAR. – In: Bibliotheksdienst (Berlin).20(1986)6, S. 564 – 566.
- Öffentliche Bibliotheken und ihre Nutzung. Unbeliebte Gedanken zu Rationalisierungsmaßnahmen. – In: ABI-Technik: Zeitschrift für Automation, Bau u. Technik im Archiv-, Bibliotheks- u. Informationswesen(München). 6(1986)1, S. 1 – 12.
- Einsatzmöglichkeiten von Mikrocomputern in Parlaments- und Behördenbibliotheken. – In: Mitteilungen – Arbeitsgemeinschaft der Parlaments- und Behördenbibliotheken Nr.63 (1987), S.1 – 26.
- (mit E. Abbel, M. Ockenfeld & H. Samulowitz): Infobase und Frühjahrstagung der OLBG - ein erfolgreiches Zusammengehen. – In: Nachrichten für Dokumentation. 38(1987)4, S.232 – 236.
- Was kann und was sollte Aus- und Fortbildung für Onliner leisten. In: 10. Frühjahrstagung der Online-Benutzergruppe der DGD. – In: DGD-Schrift (OLBG-9)1/1988, S. 208 – 216.
- Die Hauptaufgaben der Bibliotheken. Eine kritische Bemerkung zu Rupert Hackers letztem Beitrag. – In: Bibliotheksdienst (Berlin). 22(1988)10, S. 1028 – 1032.
- Was ist Information eigentlich wert? – In: Deutscher Dokumentartag 1988 DGD-Schrift (Doktag 1) 4(1989), S. 589 – 603.
- Anmerkungen zum Thema "Grundbestand medizinischer Zeitschriften". – In: Mitteilungsblatt N.F. 39(1989)1, S. 15 – 18.
- (mit H. Jüngling): Zum deutsch-britischen Erfahrungsaustausch der letzten Jahre im Hinblick auf den gemeinsamen Binnenmarkt der EG. – In: Bibliotheksdienst (Berlin).23(1989)5, S. 509 – 520.
- Online war erst der Anfang. – In: Password: Sonderheft zur Infobase. 1989. S. 3 – 6.
- Was verändert die Informationstechnologie in den Universitätsbibliotheken? – In: Bibliothek: Forschung und Praxis (München). 13(1989)2, S. 206 – 215.

- Zwei Projekte – Zwei Pleiten. – In: Nachrichten für Dokumentation. 40(1989)5, S. 315 – 317.
- Logistik heißt die Parole. – In: DUZ 20(1998) S. 23 – 26.
- (Vortragszusammenfassung) Information services to business and industry – their role within the library services. – In: Informationsdienste für Handel und Industrie. – In: dbi-materialien 1989. S. 259 – 260.
- European supplying of information – The Optimizing of the structures and their consequences on education. – In: Informationsspezialisten für Europa. Proceedings Fachbereich BID der FH Hannover 17.-19.Oktober 1989. S. 398 – 408.
- (mit Margarete Rehm): Fünfundzwanzig Jahre Universitätsbibliothek Ulm. – In: Bibliotheksdienst (Berlin). 24(1990)3, S. 337 – 340.
- Die Wissenschaftlichkeit im Darwinismus. – In: Naturwissenschaftliche Rundschau. 21(1990)9, Beil.: Biologie Heute. S. 4 – 6.
- Probleme, Möglichkeiten und Konsequenzen des Einsatzes von Scannern in Bibliotheken. – In: Der Österreichische Bibliothekartag 1990. Hrsg. v. Strebl. Biblos-Schriften - Band 154, 1991. S. 132 – 143.
- Was ist das Ziel der deutschen Bibliothekspolitik? – In: Bibliotheksdienst (Berlin). 25(1991)1, S. 9 – 20.
- Zum CD-ROM "Datenbankdenken". – In: Bibliotheksdienst (Berlin). 25 (1991)6, S. 949 – 952.
- Das hab ich bei P.A.R.I.S. gelernt und zwar im Handumdrehen. – In: Nachrichten für Dokumentation. 42(1991)2, S. 163 – 165.
- Wie bestimmt man möglichst genau die Nutzung von CD-ROMs, Online-Zugriffen und Programmen? – In: Nachrichten für Dokumentation. 42(1991)3, S. 250 – 252.
- Wäre es nicht langsam Zeit, die Informationstechnologie in der bibliothekarischen Sacherschließung etwas ernster zu nehmen? Ein Wort zur RSWK. – In: ABL-Technik: Zeitschrift für Automation, Bau u. Technik im Archiv-, Bibliotheks- u. Informationswesen (München). 11(1991)4, S. 277 – 288.
- Von der Literatur- und Dokumentenverwaltung zum Informationsmanagement. – In: Doppelklick. Juni 1991, S. 6 – 8.

- Die Skalierung von Information, Wissen und Literatur. – In: Nachrichten für Dokumentation. 43(1992)4, S. 227 – 242.
- Schrift, Information, Interpretation und Wissen. – In: Bibliothek: Forschung und Praxis (München). 16(1992)2, S. 264 – 266.
- Photokina 1992 oder – Die multimediale Digitalisierung hat zugeschlagen. - In: Nachrichten für Dokumentation. 43(1993)4, S. 418 – 425.
- Was bedeutet Informationskompression beim Angebot neuer Medien? – In: 15. Online- Tagung der DGD Frankfurt am Main DGD-Schrift (OLBG-14). 2/1993 S. 281 – 300.
- Die Kunst der Frage. – In: Bibliotheksdienst (Berlin). 27(1993)8, S. 1180 – 1191.
- Klarstellung zu Heinz Marloths Buchbesprechung "Mönnich, Michael W., Uwe Schwersky: Arbeitshilfen für Spezialbibliotheken. Bd 5. Personalcomputer, T.1. Berlin 1992." – In: Mitteilungsblatt N.F. 1993, S.108 ff. Mitteilungsblatt N.F. 43(1993), S. 337 – 339.
- Interpersonal Computing im Internet. – In: 16. Online-Tagung der DGD Frankfurt am Main. DGD-Schrift (OLBG-15). 2/1994, S. 99 – 108.
- Eine neue wissenschaftliche Basis für die digitale Bibliothek. – In: Password: Praxisberater für die elektronische Informationsbeschaffung (Düsseldorf). 10(1994), S. 16 – 17.
- Mit dem Bibliothekar geht es nicht zu Ende. – In: Der Tagesspiegel (Berlin). Nr. 15218 vom 23.3.1995, S. 29.
- "Information" ist kein Fetisch: Zum Beitrag von Michael Reisser, "Schöne neue Bibliothek: Von der Bestandsermittlung zum Fetisch Information. – In: Buch und Bibliothek. 47(1995)5, S. 438 - 444. – In: Buch und Bibliothek (Bad Honnef). 47(1995)10, S. 657 - 660.
- Ein Neubeginn der Bibliothekswissenschaft. – In: Weitblick: Mitteilungsblatt der Bibliotheken in Berlin und Brandenburg (Berlin). 1(1995)1, S. 21 – 22.
- Das "Berlin-Brandenburgische Bibliotheksverzeichnis im Online-Zugriff. – In: Weitblick: Mitteilungsblatt der Bibliotheken in Berlin und Brandenburg (Berlin). 1(1995)2, S. 23 – 24.

- Die Rolle der Dokumentation bei der Entstehung der Digitalen Bibliothek und ihre Konsequenzen für die Bibliothekswissenschaft. – In: Nachrichten für Dokumentation (Darmstadt). 46(1995)1, S. 33 – 42.
- Leserbrief zur Feuerbachthese. – In: Humboldt. Die Zeitung der Alma Mater Berolinensis. 39 (1994/95) . S. 12.
- Die Zukunft der Sportdokumentation. – In: dvs-Informationen / Hrsg. v. d. Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft e.V.. 2(1995). S. 6 – 10.
- Wer zitiert eigentlich wen? – In: Humboldt. Die Zeitung der Alma Mater Berolinensis (Berlin). 40 (1995/96). S. 3.
- Die Rolle der Bibliothek im modernen Wissenschaftsmanagement. – In: Humboldt-Spektrum (Berlin). 2(1995)4, S. 36 – 41.
- (mit K. Voigt, J. Gasteiger, W-D. Ihlenfeldt, B. Page & K. Specht): German experts' views and ideas about information on the internet . – In: Online & CDROM Review. 20(1996)3, S. 125 – 132.
- Berlin verbaut sich die Zukunft mit zuviel Beton. – In: Der Tagesspiegel vom 26.1.1997, S. 8.
- Ein Studium garantiert keine Privilegien. – In: Der Tagesspiegel vom 30.12.1997, S. 26.
- Die Messung von Wissen. – In: Nachrichten für Dokumentaion. 49(1998)4, S. 221 - 224.
- Die Zukunft des Buches und die Rolle der Bibliothek im modernen Wissensmanagement. – In: Spektrum der Wissenschaft - Dossier: Die Welt im Internet. (1998)1, S. 38 – 43.
- (mit Wolfgang Jänsch, Engelbert Plassmann & Konrad Umlauf): Universitäre Ausbildung gesichert. – In: BuB – Buch und Bibliothek: Medien, Kommunikation, Kultur (Bad Honnef). 50(1998)8, S. 512 – 515.
- (mit Gisela Ewert): Die Definition der Bibliothek. Der Mangel an Wissen über das unzulängliche Wissen ist bekanntlich auch ein Nichtwissen. – In: Bibliotheksdienst (Berlin). 33(1999)6, S. 957 – 971.
- (mit Iris Schwarz): Die vernachlässigten Aspekte des Thesaurus: dokumentarische, pragmatische, semantische und syntaktische Einblicke. – In: nfd Information Wissenschaft und Praxis. 50(1999)4, S. 197 – 203.

Die Beziehung der Bibliothekswissenschaft zur Architektur. – In: ABI-Technik (München). 19(1999)3, S. 232 – 242.

(mit Hamzehali Nourmohammadi): Die Verteilung der Autorenhäufigkeit in wissenschaftlichen Zeitschriften bei verschiedenen Ländern und Themen. – In: Information – Wissenschaft & Praxis. 55(2004)5, S. 267 – 274.

Bibliographie, Kataloge, Suchmaschinen. Das Ende der Dokumentation als modernes Bibliothekswesen. – In: Bibliotheksdienst. 39(2005)11, S. 1442 – 1456.

Anmerkungen zu Birger Hjørland and Jeppe Nicolaisen: Bradford's Law of Scattering: Ambiguities in the Concept of "Subject". – In: LIBREAS – 3/05 – Herbst 2005

Die Rolle des Bibliotheksbaus für die moderne Bildungs- und Wissensproduktion in der optimal verteilten Bibliothek. – In: LIBREAS – Library Ideas. Ausgabe 1 (März 2005): "Bibliotheksbau" (elektronische Zeitschrift)

(mit Philipp Mayr): Why is a new Journal of Informetrics needed? – In: Cybermetrics. 11(2007)1.

(mit Philipp Mayr): Eine bibliometrische Zeitschriftenanalyse zu JoI, Scientometrics und NfD bzw. IWP. – In: Information – Wissenschaft und Praxis. 59(2008)6/7.

Die Folgen der Online-Revolution/Begabtenförderung durch Informationskompetenz. – In: Buch und Bibliothek. 10(2009), S. 729 – 732.

Bibliothekswissenschaft im Wandel, von den geordneten Büchern zur Wissensorganisation. – In: Bibliothek in Forschung und Praxis. 12(2009).

Wissen als Geistiges Eigentum – In: LIBREAS. 7(2011)1, S. 18.

Drei Gefahren für die Szientometrie. – In: LIBREAS. Referate vom 3. Dezember 2011.

III. Beiträge zu wissenschaftlichen Sammelbänden und Lexika

Was wissen wir über das Innenleben der Pflanzen? – In: Mensch und Pflanze Hrsg. v. H. G. Sieber. Karlsruhe: Verlag C. F. Müller 1982. S. 8 – 9.

- Freitext oder kontrolliertes Vokabular- Was ist besser? – In: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation, Online Benutzergruppe (OLBG). 5. Frühjahrstagung in Neu-Isenburg 1983. S. 115 – 124.
- Online-Ausbildung in Ulm. – In: Ausbildung im Online-Retrieval und in der Online-Informationsvermittlung an bundesdeutschen BID-Ausbildungseinrichtungen. Teil 1. Hannover 1983. S. 38 – 41.
- Online-Ausbildung an der FHBD Köln. – In: Ausbildung im Online-Retrieval und in der Online-Informationsvermittlung an bundesdeutschen BID-Ausbildungseinrichtungen. Teil 1. Hannover 1983. S. 26.
- Local Area Networks and Private Files- eine Möglichkeit? – In: Ausbildung im Online-Retrieval und in der Online-Informationsvermittlung an bundesdeutschen BID-Ausbildungseinrichtungen. Teil 1. Hannover 1983. S. 108 – 112.
- (mit P. Blumendorf; R. Henzler; C.-R. Huthloff; G.-A. Ott; J.-P. Peters; K. Sailer; C. Schäfer; D. Skalski & E. Vogel): Ausbildung im Online-Retrieval und in der Online-Informationsvermittlung an bundesdeutschen BID-Ausbildungseinrichtungen. Teil 2: Grundlagen und Empfehlungen zu Ausbildungsinhalten, -zielen und -methoden sowie curriculare Umsetzung. Hrsg.: Fachhochschule Hannover FB BID (1985).
- Informetrische Hilfe durch das "intelligente Terminal". – In: Deutscher Dokumentartag 1986. Weinheim: Verlag Chemie 1987. S. 556 – 564.
- Nutzen der Indexierung bei Online-Datenbanken. – In: 14. Online-Tagung der DGD Proceedings, Frankfurt am Main DGD-Schrift (OLBG-13)2/1992. S. 403 – 420.
- Die evolutionsstrategische Entstehung von Wissen. – In: Fortschritte in der Wissensorganisation Band 2 (FW-2) Hrsg. Deutsche Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation e.V. Indeks Verlag 1992. S. 1 – 11.
- Bewertung der Qualität von Datenbanken. – In: Elektronische Informationsdienste im Bildungswesen; 2. GIB - Fachtagung Berlin, 17.-18.11.1994 / Hrsg. v. Peter Diepold u. Diann Rusch-Feja. Berlin: Gesellschaft Information Bildung 1995. S. 169 – 175.
- Anwendung von Internet: Eine Einführung. Spezialbibliotheken auf dem Weg zur virtuellen Bibliothek? 25. Arbeits- und Fortbildungstagung der ASpB/Sektion 5 im DBV, 21.-25. März 1995 in Hamburg. Hrsg. v. M. Reich. Hamburg 1995. S. 221 – 227.

- Informationslogistik. Distribution wissenschaftlicher Informationen. – In: Informationsmanagement in Wissenschaft und Forschung. Eds. B. Cronin and S. Klein. Braunschweig: Vieweg 1990.
- Interpersonal Computing im Internet. – In: 16. Online-Tagung der Deutschen Gesellschaft für Dokumentation: Information und Medienvielfalt. Frankfurt am Main, 17.-19. Mai 1994, Proceedings. Hrsg. v. W. Neubauer und R. Schmidt. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Dokumentation 1994. S. 99 - 108.
- Anwendung von Internet: eine Einführung. – In: Spezialbibliotheken auf dem Weg zur virtuellen Bibliothek? 25. Arbeits- und Fortbildungstagung der AspB/Sektion im Deutschen Bibliothekar Verband, Hamburg 21. – 25. März 1995. Hrsg. v. M. Reich. Karlsruhe: Deutschen Bibliothekar Verband 1995. S. 221 – 227.
- Bewertung der Qualität von Datenbanken. – In Elektronische Informationsdienste im Bildungswesen. 2. GIB-Fachtagung Berlin, 17. – 18.11.1994. Hrsg. v. Peter Diepold und Diann Rusch-Feja. Berlin: Gesellschaft Information Bildung 1995. S. 169 – 175.
- (mit H. Jüngling) Datenverarbeitung in der bibliotheks-informatorischen Ausbildung am Bibliothekar-Lehrinstitut und an der Fachhochschule für Bibliotheks- und Dokumentationswesen in Köln. – In: Bibliothekarisches Studium in Vergangenheit und Gegenwart: Festschrift aus Anlaß des 80jährigen Bestehens der bibliothekarischen Ausbildung in Leipzig im Oktober 1994. Hrsg. v. Engelbert Plassmann und D. Kummer. Frankfurt am Main: Klostermann 1995. (Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie: Sonderhefte; 62). S. 195 – 205.
- Die Zukunft der Sportdokumentation. – In: dvs-Informationen (Hamburg). 2(1995), S. 6 – 10.
- (mit Iris Schwarz): Medizinische Online-Dienste und CD-ROM-Datenbanken. – In: Informations- und Wissenstransfer in der Medizin und im Gesundheitswesen. Hrsg. v. K.-H. Kaltenborn. (= Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie, Sonderheft 72). Frankfurt am Main: Klostermann 1998. S. 506 – 535.
- (mit Iris Schwarz): Zum Prinzip der Objektdarstellung. – In: Herausforderung an die Wissensorganisation: Visualisierung, multimediale Dokumente, Internet-

- strukturen. Hrsg. v. H. Czap, P. Ohly und S. Pribbenow. Würzburg: Ergon Verlag 1998. S. 173 – 179.
- Die Rolle der Digitalen Bibliothek im Wissensmanagement. Einige grundlegende Gedanken. – In: Informations- und Wissenstransfer in der Medizin und im Gesundheitswesen. Hrsg. v. K.-H. Kaltenborn. – Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie, Sonderheft 72. Frankfurt am Main: Klostermann 1998. S. 506 – 533.
- Bibliothekswissenschaft als Teil der Wissenschaftswissenschaft unter dem Aspekt der Interdisziplinarität. – In: Interdisziplinarität. Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey. Hrsg. von Walther Umstätter und Karl-Friedrich Wessel. Bielefeld: Kleine Verlag 1999. S. 146 – 160.
- Konzeption und Möglichkeiten des Internet. – In: Bibliothekswissenschaft in Berlin. Wiesbaden: Harrassowitz 1999. S. 119 – 147.
- Die Rolle der Digitalen Bibliothek in der modernen Wissenschaft. – In: Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey und Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. 2. Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 297 – 316.
- Die Entökonomisierung des Informationsbegriffs. – In: Auf dem Wege zur Informationskultur. Festschrift für Norbert Henrichs zum 65. Geburtstag. Hrsg. v. T. A. Schröder. Düsseldorf: Universitäts- und Landesbibliothek 2000. (= Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf, Band 32). S. 31 – 42.
- Wissensorganisation mit Hilfe des semiotischen Thesaurus – auf der Basis von SGML bzw. XML. – In: Globalisierung und Wissensorganisation: Neue Aspekte für Wissen, Wissenschaft Und Informationssysteme. Hrsg. v. H. P. Ohly, G. Rahmstorf und A. Sigel. (= Fortschritte in der Wissensorganisation Bd. 6). Würzburg: Ergon Verlag 2000. S. 237 – 249.
- Leistungsgrenzen der Dokumentations-, Informations-, Begriffs- und Wissensorganisation. – In: Information Research & Content Management. 23. Online-Tagung der DGI. Hrsg. v. R. Schmidt. Frankfurt am Main: Verlag Deutsche Gesellschaft für Informationswissenschaft und Informationspraxis 2001. S. 463 – 473.

- Marktplatz Sport und neues Wissen(schafts)-Management. – In: Marktplatz Sport: Sportwissenschaftliche Informationsbereitstellung im Internet. Dokumentation des Workshops vom 19. Mai 2000. Hrsg. v. H. Fleischer und W. Hartmann. Köln: Sport und Buch Strauß GmbH, 2001 (Bundesinstitut für Sportwissenschaft: Wissenschaftliche Berichte und Materialien; Bd. 1). S. 24 – 43.
- Knowledge Acquisition – Wissenserwerb. – In: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001. Hrsg. v. Heinrich Parthey und Günter Spur. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. 2. Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 173 – 183.
- Die Nutzung des Internets zur Fließbandproduktion von Wissen. – In: Stufen zur Informationsgesellschaft. Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Hrsg. v. Christiane Floyd, Christian Fuchs und Wolfgang Hofkirchner. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag 2002. S. 297 – 315.
- Was ist und was kann eine wissenschaftliche Zeitschrift heute und morgen leisten. – In: Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002. Hrsg. v. Heinrich Parthey und Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. 2. Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 143 – 166.
- Szientometrie. – In: Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation. Hrsg. v. Rainer Kuhlen. 5., vollst. neu gefasste Aufl. München: Saur 2004.
- (mit Roland Wagner-Döbler): Kybernetik und Interdisziplinarität in der Bibliothekswissenschaft. – In: Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften – Georg Klaus zum 90. Geburtstag. Gemeinsames Kolloquium der Leibniz-Sozietät und der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik im November 2002 in Berlin. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski und Siegfried Piotrowski. (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Bd. 11). Berlin: trafo Verlag 2004. S. 363 – 366.
- 75 Jahre Bibliothekswissenschaft in Berlin – Rückblick und Ausblick. – In: Bibliothekswissenschaft – quo vadis? Hrsg. v. Petra Hauke. München: K. G. Saur 2005. S. 81 – 94.
- Bibliothekswissenschaft im Spannungsfeld von Bibliotheksgeschichte, Nationalökonomie des Gesites und Informatik. – In: Das deutsche Bibliothekswesen als Aufgabe für Wissenschaft und Politik. Festschrift für Engelbert Plassmann zum 70. Geburtstag, Hrsg. v. G. Hakker und T. Seela. Wiesbaden: Harrassowitz Verlag 2005. S. 49 – 65.

Qualitätssicherung in wissenschaftlichen Publikationen. – In: Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007. Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey und Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. 2. Auflage 2012 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 9 – 49.

Der Anteil an Wissen in Bibliotheken. – In: Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004. Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Walther Umstätter und Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. 2. Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. S. 119 – 137.

Innovationskultur. – In: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2009. Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur und Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2010. S. 45 – 55.

Drei Gefahren für die Szientometrie. – In: LIBREAS. Referate vom 3. Dezember 2011.

IV. Rezensionen und Berichte

Rezension zu: International documents for the 80's. Th. D. Dimitrov, ed., Berlin (1982). – In: Mitteilungsblatt N.F. 33(1983), S. 327 - 328.

Bericht über: 7. Frühjahrstagung der Online Benutzergruppe(DGD-OLBG) Nachrichten für Dokumentation. 36(1985)3, S. 157 - 158.

Rezension zu: Effective online searching. Borgman,C.L.; Moghdam, D. and Corbett, P.K. New York (1985). – In: Mitteilungsblatt N.F. 35(1985), S. 218 - 219.

Rezension zu: Easy access to DIALOG, ORBIT, and BRS. Klingensmith, P.I. and Duncan, E.E., New York (1984). – In: Mitteilungsblatt N.F. 35(1985), S. 223 – 224.

Rezension zu: Hildreth, C.R.: Intelligent Interfaces and Retrieval Methods for Subject Searching in Bibliographic Retrieval Systems. Cataloging Distribution Services, Library of Congress, Washington (1989).

Rezension zu: Heeks, Richard: Computerisation in Academic Departments – a survey of current practice. London: Taylor Graham (1987). – In: Nachrichten für Dokumentation. 40(1989)6, S. 389 – 390.

Die Orgatech '88 – ein Bericht. – In: OLBG-INFO. 3(1989)4, S. 15 – 16.

- Rezension zu: Wahls, Jürgen: Informationsbeschaffung mit dem PC. Hamburg. McGraw-Hill (1989). – In: Nachrichten für Dokumentation. 41(1990)3, S. 197 – 198.
- Rezension zu: Text Retrieval. A Directory of Software. – 3 ed. Kimberley, R. and Rowley, J.E., Gower, Aldershot(1990). – In: Nachrichten für Dokumentation. 42(1991)1. S. 75 – 76.
- Rezension zu: CD-ROM Information Products. An Evaluation Guide and Directory. Eds. Armstrong, C. and Large, A., Gower, Aldershot (1990). – In: Nachrichten für Dokumentation. 42(1991)1, S. 68 – 69.
- Rezension zu: Directory of Library and Information Retrieval Software for Microcomputers. 4th Edition. Compiled by Hilary Dyer and Alison Gunson. Gower, Aldershot (1990). – In: Nachrichten für Dokumentation. 42(1991)3, S. 226 - 227.
- Rezension zu: Stzrolka, R.: Anwendersoftware für Bibliothekare und Dokumentare. München, Saur Verl. (1991). – In: Nachrichten für Dokumentation. 43(1992)4, S. 261 – 262.
- Rezension zu: Möller, A.: CD-ROM-Einsatz in Bibliotheken. München: Saur Verlag 1991. – In: Nachrichten für Dokumentation. 43(1992)4, S. 262 –263.
- Rezension zu: Henzler, Rolf G.: Information und Dokumentation. Springer Verlag, Berlin 1992. – In: Mitteilungsblatt N.F. 43(1993)1, S. 104.
- Rezension zu: Gaus, W.: Berufe im Archiv-, Bibliotheks-, Informations- und Dokumentationswesen. Ein Wegweiser zur Ausbildung. 2. erw. Aufl. Springer Verlag, Berlin 1992. – In: Mitteilungsblatt N.F. 43(1993)2, S. 212 – 213.
- Rezension zu: 82. Deutscher Bibliothekartag in Bochum 1992 : Bibliotheken in alten und neuen Hochschulen. Hrsg. v. H. Lohse. Frankfurt am Main: Klostermann 1993. 462 Seiten. – In: Bibliothek: Forschung und Praxis (München). 18(1994)1, S. 129 – 131.
- Rezension zu: Libraries an IT: Working Papers of the Information Technology Sub-committee of the HEFCs Libraries Review / Published by UKOLN: The Office for Library and Information Networking on behalf of the Higher Education Funding Councils of England, Scotland and Wales, and the Department of Reducation for Northern Irland 1993. 306 Seiten. – In: Bibliothek: Forschung und Praxis (München). 18(1994)2, S. 261 – 262.

Bericht über: Wissenschaft – Informationszeitalter – Digitale Bibliothek. Bericht über eine Arbeitstagung am 27. und 28. März im Institut für Bibliothekswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin. – In: Nachrichten für Dokumentation. 49(1998)4, S. 232 – 233.

Publikationen der Mitglieder im Jahre 2011

Gerhard Banse,¹ R. Janikowski & A. Kiepas (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung – transnational. Sichten und Erfahrungen aus Mitteleuropa. Berlin: edition sigma 2011. (Global zukunftsfähige Entwicklung – Nachhaltigkeitsforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft, Bd. 16.1). 336 Seiten.

Gerhard Banse & Lutz-Günther Fleischer (Hrsg.): Wissenschaft im Kontext. Inter- und Transdisziplinarität in Theorie und Praxis. (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 27). Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2011. 302 Seiten.

Gerhard Banse, A. Grunwald, L. Hronszky & G. Nelson, G. (Eds.) On prospective technology studies. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2011 (KIT Scientific Reports 7599).

Gerhard Banse & I. Krebs, I. (Hrsg.): Kulturelle Diversität und Neue Medien. Entwicklungen - Interdependenzen - Resonanzen. Reihe: Network, Vol. 16. Berlin: Trafo 2011. 407 Seiten.

Gerhard Banse: Zukunftsdenken zwischen Entwicklungs- und Risikoszenarien. - In: Kapitalismus und Krisen heute – Herausforderung für Transformationen. Hrsg. v. G. Krause. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2011. S. 163 – 182.

Gerhard Banse: Normale Katastrophen. – In: Fallstudien zur Ethik in Wissenschaft, Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Hrsg. v. M. Maring. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2011, (Schriftenreihe des Zentrums für Technik und Wirtschaftsethik, Bd. 4). S. 160 – 166.

Gerhard Banse (Rezension): Wissenschaft und Innovation: Jahrbuch Wissenschaftsforschung 2009. Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag 2010, 233 Seiten. – In: Leibniz Online - Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e.V. (2010)08.

Lorenz Friedrich Beck & Heinz-Günter Kraus (Hrsg.): Forschung für den Strahlenschutz in den Kriegsjahren 1942 bis 1944. Zur Geschichte des Radi-

1 Kursiv für Mitglieder der Gesellschaft für Wissenschaftsforschung.

umforschungsinstituts Oberschlema, der Außenstelle des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biophysik in Frankfurt am Main, unter Leitung von Professor Dr. Boris Rajewsky (Wissenschaftshistorisches Kolloquium in Bad Schlema am 24. Oktober 2008). Radiz-Information, 35. Bad Schlema 2011. 106 Seiten.

Lorenz Friedrich Beck: Die Überlieferung der Außenstelle Oberschlema des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biophysik im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin. -- In: Forschung für den Strahlenschutz in den Kriegsjahren 1942-1944. Zur Geschichte des Radiumforschungsinstituts Oberschlema, der Außenstelle des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biophysik in Frankfurt am Main, unter Leitung von Professor Dr. Boris Rajewsky (Wissenschaftshistorisches Kolloquium in Bad Schlema am 24. Oktober 2008). Radiz-Information, 35. Bad Schlema 2011. S. 10 --14.

Lorenz Friedrich Beck & Mario Kazemi (Hrsg.): Lemke, Dietrich: Im Himmel über Heidelberg. 40 Jahre Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg (1969-2009). (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 21). Berlin: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft 2011. 360 Seiten.

Klaus Fischer, Hubert Laitko & Heinrich Parthey (Hrsg.): Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. 301 Seiten.

Klaus Fischer: Interdisziplinarität im Spannungsfeld zwischen Forschung, Lehre und Anwendungsfeldern. – In: Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Hrsg. v. *Klaus Fischer, Hubert Laitko* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. S. 37 – 58.

Klaus Fuchs-Kittowski & Rainer E. Zimmermann (Hrsg.): Kybernetik, evolutionäre Systemtheorie und Dialektik. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2011. 257 Seiten.

Klaus Fuchs-Kittowski: Kybernetik – evolutionäre Systemtheorie und dialektisches Denken. – In: Kybernetik, evolutionäre Systemtheorie und Dialektik. Hrsg. v. *Klaus Fuchs-Kittowski* und *Rainer E. Zimmermann*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag 2011. S. 65 – 87.

Klaus Fuchs-Kittowski & Volker Wohlgemuth: Umweltinformatik und Umweltforschung in ihrer Institutionalisierung und Interdisziplinarität. – In: Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissen-

- schaftsforschung Jahrbuch 2010. Hrsg. v. *Klaus Fischer, Hubert Laitko* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. S. 99 – 151.
- Frank Havemann*, Michael Heinz, Alexander Struck & *Jochen Gläser*: Identification of overlapping communities and their hierarchy by locally calculating community-changing resolution levels. - In: *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, (2011)1.
- Stefan Gradmann*, Francesca Born & Carlo Meghini (Hrsg.): *Research and Technology for Digital Libraries: Proceedings. International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries*. TPD, Berlin, September 26. - 28. 2011. Berlin-Heidelberg: Springer 2011. 537 Seiten
- Konrad Umlauf & *Stefan Gradmann* (Hrsg.): *Lexikon der Bibliotheks- und Informationswissenschaft*. Band 1. A bis J. Stuttgart: Hiersemann 2011. 477 Seiten.
- M. Doerr, *Stephan Gradmann*, S. Hennicke & A. Isaac: The Europeana Data Model. – In: *IFLA 2011*, S. 1 – 12.
- Elke Greifeneder*: The Impact of Distraction in Natural Environments an User Experience Research. – In: *TPDL' 11 Proceedings of the 15th international conference an Theory and practice of digital libraries: research and advanced technology for digital libraries*. Ed. by C. Meghini and H. Schuldt. München: Springer's Lecture Notes an Computer Science (LNCS).
- Elke Greifeneder*: Einführung in die Online-Benutzerforschung zu Digitalen Bibliotheken. – In: *Benutzerorientierte Bibliotheken im Web-*. Ed. by Bernard Bekavac, Rene Schneider & Werner Scheibenz. Berlin/Boston: DE GRUYTER SAUR. S. 75 – 94.
- Elke Greifeneder*: Users and technology. Are we doing research now? – In: *Library Hi Tech*. 29(2011)2, S. 205 – 209.
- Elke Greifeneder*, Melanie Heyroth, Karin Klingbeil, Monika Krisam, Carolin Naether & Sabine Schnur: Interaktion mit RFID Ausleih- und Rückgabeautomaten. Ergebnisse quantitativer und qualitativer Beobachtungen. – In: *Bibliothek Forschung und Praxis*. 35(2011)1, S. 48 – 52.
- Frank Havemann*, Michael Heinz, Alexander Struck & *Jochen Gläser*: Identification of overlapping communities and their hierarchy by locally calculating

community-changing resolution levels. – In: *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, (2011)1.

Thomas Heinze: Gradual institutional adaptation following intellectual change: Conceptual framework and illustrations from science history. Working Paper. Wuppertal: Universität Wuppertal 2011.

Thomas Heinze: Varieties of scientific growth following the discovery of new matter and the development of new Instrumentation. Working Paper. Wuppertal: Universität Wuppertal 2011.

Olof Hallonsten & *Thomas Heinze*: Institutional persistence through gradual organizational adaptation. Analysis of national laboratories in the United States and Germany. Working Paper. Lund: University of Lund 2011.

Eckart Henning & *Marion Kazemi*: 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. Im Auftrage des Präsidenten Peter Gruss bearbeitet im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft. Teil 1: Chronik der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911 –2011. Daten und Quellen. Berlin: Duncker & Humblot 2011. 1175 Seiten.

Horst Kant: Integration und Segregation: Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg zwischen interdisziplinärem Verbund und Ensemble disziplinärer Institute. – In: *Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010*. Hrsg. v. *Klaus Fischer, Hubert Laitko* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. S. 175 – 197.

Horst Kant: Peter Debye als Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Berlin. – In: „Fremde“ Wissenschaftler im Dritten Reich. Die Debye-Affäre im Kontext. Hrsg. v. Dieter Hoffmann und Mark Walket. Göttingen: Wallstein Verlag 2011. S. 76 – 109.

Jürgen Renn & *Horst Kant*: Éxito a contracorriente: Estrategias de investigación en la sociedad Kaiser Wilhelm y en la sociedad Max Planck. – In: *100 JAE La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas en su Centenario*. Tomo 1. Madrid 2011. S. 447 – 461.

Horst Kant (Rezension): Helmuth Trischler u. Mark Walker (Hrsg.), *Physics and Politics. Research and Research Support in Twentieth Century Germany in International Perspective* (= Beiträge zur Geschichte

der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bd. 5). Stuttgart: Steinet 2010. – In: Technikgeschichte. 78(2011)4, S. 359 – 361.

Lorenz Friedrich Beck & Mario Kazemi (Hrsg.): Lemke, Dietrich: Im Himmel über Heidelberg. 40 Jahre Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg (1969-2009). (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 21). Berlin: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft 2011. 360 Seiten.

Eckart Henning & Marion Kazemi: 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft. Im Auftrage des Präsidenten Peter Gruss bearbeitet im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft. Teil 1: Chronik der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911 – 2011. Daten und Quellen. Berlin: Duncker & Humblot 2011. 1175 Seiten.

Klaus Kornwachs: Was ist neu an den Neuen Technologien? – In: Neue Technologien. Ein Workshop der acatech und des Deutschen Museums: „Neue Technologien im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik, Öffentlichkeit und Wirtschaft“, Juli 2009 München. Hrsg. v. M.-D. Weitze, C. Kehrt und P. Schüßler. Bielefeld: Transcript 2011, S. 23 – 43.

Klaus Kornwachs: Warum Krieg? Zeitgenössische Anmerkungen zum Briefwechsel zwischen Albert Einstein und Sigmund Freud. – In: Einstein und die Kultur des 20. Jahrhunderts. Bausteine der Philosophie Nr. 27. Hrsg. v. P. C. Hägele und H. K. Keul. Ulm: Universitätsverlag Ulm 2011, S. 651 – 706.

Klaus Kornwachs, O. Ren und andere: Akzeptanz von Technik und Infrastrukturen. Anmerkungen zu einem gesellschaftlichen aktuellen Problem. acatech bezieht Position Nr. 9. Berlin: Springer 2011.

Klaus Kornwachs: The Methods of Hermann Kahn – The 2000 Forecast revisited. – In: XXIII International Congress of History of Science and Technology, Budapest 2009. Eds. 1. Hronsky et al. Berlin: Edition Sigma 2011.

Klaus Kornwachs: The Methods of Hermann Kahn - The 2000 Forecast revisited. – In: On Prospective Technology Studies. Ed. by Gerhard Banse, Achim Grunwald, 1. Hronsky and G. Nelson. KIT Scientific

Report Nr. 7599; Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2011, S. 85 – 101.

Klaus Kornwachs: Die zweite Kränkung der Eitelkeit – Philosophische Anthropologie nach Darwin. – In: Dezendenztheorie und Darwinismus in den Wissenschaften vom Menschen: Reihe Kulturanamnesen 1. Hrsg. v. Hans-Klaus Keil und Mathis Krieschl. Stuttgart: Steiner 2011, S. 27 – 51.

Klaus Kornwachs: Zeit zerstört Information. Kann man Tradierprozesse optimieren? – In: Zeitschrift für Semiotik. 32(2011)1/2, S. 153 – 173.

Klaus Kornwachs: Expertise: Grundfragen der Technikakzeptanz. Ethische Probleme und Methodenfragen. Bericht an der Lehrstuhl für Technikphilosophie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus. Büro für Kultur und Technik, Argenbühl-Eglofs 2011. PT i/2011 der Fakultät für Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik, Brandenburgische Technische Universität Cottbus 2011.

Hildrun Kretschmer & Theo Kretschmer: Collaboration structures, Part I: Author productivity, network centrality and similarities of co-authors in smaller scientific communities. – In: Scientometric Studies. Ed. by S.L Sangam, B.D. Kumbar, R.R. Naik, Keshava, G.S. Hadagali and C. Krishnamurthy. Department of Library and Information Science. Dharwad: Karnatak University 2011. S. 10 – 39.

Hildrun Kretschmer & Theo Kretschmer: Collaboration structures, Part II: Growth of special collaboration patterns obtained from the Journal of Experimental Medicine (1980-1998). – In: Scientometric Studies. Ed. by S.L Sangam, B.D. Kumbar, R.R. Naik, Keshava, G.S. Hadagali and C. Krishnamurthy. Department of Library and Information Science. Dharwad: Karnatak University 2011. S. 40 – 55.

Klaus Fischer, Hubert Laitko & Heinrich Parthey (Hrsg.): Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. 301 Seiten.

Hubert Laitko: Das Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt: Gründungsintention und Gründungsprozess. – In: Interdisziplinarität und Institutionalisierung

- rung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Hrsg. v. *Klaus Fischer, Hubert Laitko* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. S. 199 – 237.
- Klaus Fischer, Hubert Laitko & Heinrich Parthey* (Hrsg.: Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. 301 Seiten.
- Heinrich Parthey*: Institutionalisierung disziplinärer und interdisziplinärer Forschungssituationen. – In: Interdisziplinarität und Institutionalisierung in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010. Hrsg. v. *Klaus Fischer, Hubert Laitko* und *Heinrich Parthey*. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. S. 9 – 35.
- A. Huckstorf & *Vivien Petras*: Mind the lexical gap – EuroVoc Building Block of the Semantic Web. – In: Information - Wissenschaft und Praxis. 62(2011)2/3, S. 125 – 126.
- Philipp Mayr, Peter Mutschke & *Vivien Petras*. Applying Science Models for Search. – In: Information und Wissen: global, sozial und frei? Proceedings des 12. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft. Boizenburg: Hülsbusch Verlag 2011. S. 172 – 183.
- Philipp Mayr, Peter Mutschke, *Vivien Petras* & Philipp Schaeer: Applying Science Models for Search. – In: ISI 2011.
- Edmonds Bruce, Gilbert Nigel, Petra Petra & *Andrea Scharnhorst*: Simulating the Social Processes of Science. Editorial. Journal of Artificial Societies and Social. – In: Simulation. 14(2011)4, S. 14.
- A. Akdag Salate, C. Gao, K. Suchecki & *Andrea Scharnhorst*: Generating Ambiguities: Mapping Category Names of Wikipedia to UDC Class Numbers. – In: Critical point of view: A Wikipedia Reader. Ed. by Geert Lovink and Nathaniel Tkacz. NC Reader #7. Institute of Network Cultures, Amsterdam 2011. S. 63 – 77.
- Andrea Scharnhorst*, A. Akdag Salate, K. Suchecki, C. Gao & P. P. The Evolution of Knowledge, and its Representation. Classification Systems. – In: Classification and ontology: formal approaches and access to knowledge: Proceedings o-International UDC Seminar, 19-20 September

2011, The Hague, The Netherlands. Ed. by A. Slavic and E. Civallero. Würzburg: Ergon Verlag, 2011. S. 269 – 282.

Van den Heuvel, C., A. Akdag Salate, C. Gao, K. Suchecki & *Andrea Scharnhorst*. 2011. Visualizing Universes of Knowledge, Design and Visual Analysis of the UDC. – In: Classification and ontology: formal approaches and access to knowledge: Proceedings of the International UDC Seminar, 19-20 September 2011, The Hague, The Netherlands. Ed. by A. Slavic and E. Civallero. Würzburg: Ergon Verlag 2011. S. 283 – 294.

N. Jankowski, *Andrea Scharnhorst*, C. Tatum & Z. Tatum: Enhancing scholarly publishing in the humanities and social sciences: Innovation through Hybrid Forms of Publication. Paper for PKP (Public Knowledge Project) International Scholarly Publishing Conference, September 26-28 2011, Free University Berlin. 13 Seiten.

Andrea Scharnhorst: From physics over information science to philosophy of science. – In: The Two Behavioral Principles of Manfred Bonitz. A Festschrift for His 80th Birthday. Ed. by Wolfgang Glänzel and Balazs Schlemmer. ISSI e-Newsletter. Vol. 25, 2011. S. 57 – 62.

Michael Seadle: Archiving in the Networked World: By the Numbers. – In: Library Hi Tech. 29(2011)1.

Michael Seadle: Archiving in the Networked World: Open Access Journals: – In: Library Hi Tech. 29(2011)2.

Michael Seadle: Archiving in the Networked World: Metrics for Testing. – In: Library Hi Tech. 29(2011)3.

Michael Seadle: Archiving in the Networked World: Archiving in the Networked World: Plagiarized Works. – In: Library Hi Tech- 29(2011)4.

Michael Seadle: Editorial: Hardware and the Future of Libraries. – In: Library Hi Tech. 29(2011)1.

Michael Seadle: Editorial: Research Rules for Library Ethnography. – In: Library Hi Tech. 29(2011)3.

Günter Spur: Die Gründung der (Brandenburgischen) Technischen Universität Cottbus. – In: 20 Jahre Brandenburgische Technische Universität Cottbus. Festschrift . Hrsg. v. G. Bayert. Münster: Waxmann 2011. S. 62 – 70.

- Günter Spur*: Produktionswirtschaft unter Innovationsdruck. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)1/2, S. 11 – 14.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar (Ausgabe 1--2/2011). – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)1/2, S. 93.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)3, S. 181.
- Gerd Eßer, *Günter Spur* & Robert Harms: Ergebnisse einer Expertenbefragung zum Management von Produktionsinnovationen. Berichte aus der INPRO-Innovationsakademie. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)3, S. 105 – 110.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Optimierung von Innovationssystemen. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)4, S. 273.
- Günter Spur*: Produktionstechnik – ein System der innovativen Vernunft. Berichte aus der INPRO-Innovationsakademie. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)5, S. 287 – 290.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Kreativitätsmanagement von Innovationssystemen. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)5, S. 377.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Die Bedarfsorientierung des Neuen. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)6, S. 373.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Problemorientierte Innovationsziele. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)7/8, S. 573.
- Günter Spur*: Aufbereitung von Produktionsinnovationen. Berichte aus der INPRO-Innovationsakademie. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)7/8, S. 487 – 490.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Systemorientierter Innovationsansatz. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)9, S. 873.

- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Forschungsorientierter Innovationsansatz. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)10, S. 781.
- Günter Spur*: Herausforderung zur Erneuerung der Produktionswissenschaft. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)11, S. 790 – 781.
- Günter Spur*: Innovation als Begriff. Glossar. Komplexität im Innovationssystem. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)11, S. 885.
- Günter Spur & Gerd Eßer*: Komplexität produktionstechnischer Innovationen. Berichte aus der INPRO-Innovationsakademie. – In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (München). 106(2011)11, S. 795 – 798.
- Walther Umstätten*: Lehrbuch des Bibliotheksmanagements. Stuttgart: Hierse-
mann Verlag 2011. 258 Seiten.
- Walther Umstätten*: Wissen als Geistiges Eigentum – In: LIBREAS. 7(2011)1, S. 18.
- Walther Umstätten*: Drei Gefahren für die Szientometrie. – In: LIBREAS. Referate vom 3. Dezember 2011.
- Roland Wagner-Döbler & Jan Berg*: Mathematische Logik von 1847 bis zur Gegenwart. Eine bibliometrische Untersuchung (Grundlagen der Kommunikation und Kognition.). Berlin- New York: de Gruyter 1993. VII, 271 Seiten. - Reprint 2011.
- Rüdiger Wink*: Evolution regionaler Resilienz: theoretischer Rahmen und Messkonzepte. – In: Empirische Regionalforschung heute. Festschrift für Professor Dr. Hans-Friedrich Eckey. Hrsg. v. Christian Dreger, Reinhold Kosfeld und Matthias T. Rek. Wiesbaden: Gabler Verlag 2011.

Namensregister

- A**
Abernathy, W. 55
Acedo, E. 40
Ackers, L. 110
Acs, Z. 61
Aksnes, D. 38
Albert, H. 24
Aldous, C.R. 52
Altbach, P. G. 120
Amaral, A. 104
Anderson, P. 55, 58, 64
Andreasen, N.C. 54
Aristoteles 14
Armstrong, J. 199-200
Arthur, M. B. 111
Ashburne, J. 200
Asheim, B. 64, 68
- B**
Bachmann, R. 59
Balsinger, Ph.W. 27
Banse, G. 70, 84
Barberis, N. 57
Barley, S. R. 114
Bartelse, J. 114
Baruch, Y. 111, 120
Bassler, B. 201
Bauer, G. 37
Bauer, L. 145
Bauer, W. 198
Becker, R. 188
Beckert, J. 55
Bednorz, G. 45, 203
Benkler, Y. 96
Berzelius, J. J. 158
Binnig, G. 35, 40, 46
Binswanger, M. 187, 196
Birkinshaw, J. 58
Blair, P. 174
Blobel, G. 201
Boden, M. 30
Böhmer, S. 112, 115, 123
Bohr, N. 172
Boltzmann, L. 170-171
Bonhoeffer, K.-F. 152
Bordons, M. 53, 91
Bornmann, L. 32
Bos, J. 66
Boschma, R. 61, 64
Bossomaier, T. 52
Bothe, W. 147
Boudreau, J.-C. 62
Bowden, V. 114
Bradley, R. 174
Brattström, A. 62
Braun, W. von 190, 196, 198
Breneman, D. 111, 113
Breuer, H. 201
Brickley, P. 200
Brocke, B. vom 141
Brocken, M. 38
Bruner, J. S. 181
Buenstorf, G. 64
Bunge, M. 15
Butenandt, A. 145
Butler, L. 89
- C**
Cahuzac, E. 114
Calantone, R. 55
Camagni, R. 62
Camerarius, R. J. 174
Campanario, J. 40
Cantner, U. 64
Cardinal, L. B. 113
Carmichael, L. H. 111
Carnap, R. 10-12
Carter, B. 46
Casper, S. 111
Chapain, C. 61
Chargaff, E. 202
Chen, D. 30
Chesbrough, H.W. 58
Choi, H. 53
Chomsky, N. 201
Chubin, D. E. 91, 105, 114
Cicchetti, D. 32
Claman, P. H. 111
Clark, K. B. 55
Cohen, L. 114
Cole, S. 39
Collins, H. 42
Columbus, Ch. 173
Communist, R. 61
Conolly, T. 105, 114
Constantinides, C. M. 57
Cooke, P. 64
Costas, R. 53
Crawford, E. 110
Crevoisier, O. 62
Crick, F. 18-20
Crutzen, P. 147
Czarnitzki, D. 59
Czerwon, H.-J. 38

- D**
- Dahmen, U. 46
 Dalton, G. W. 114
 Danell, R. 112
 Darwin, Ch. 163-165
 David, P. 63
 de Solla Price, D. J. 178
 de Weert, E. 114
 Defila, R. 27
 DeFillippi, R. J. 111
 Deisenhofer, J. 20-21
 Delbrück, M. 19
 Demandt, A. 191
 Descartes, R. 14
 Dietrich, A. 53
 Dopfer, K. 63
 Dreßler, K. 64
 Drimalla, H. 190
 Duberley, J. 114
 Dubislav, W. 12
- E**
- Ebbinghaus, B. 55
 Ebeling, W. 16, 194
 Einstein, A. 9-10, 25,
 146-147, 162-163,
 168, 171-172, 174,
 190
 Elias, N. 105
 Ellwood, S. 54
 Enders, J. 120
 Engel, D. 59
 Engwall, L. 99-100
 Erni, R. 46
 Ertl, G. 153
 Evans, J.A. 51
 Everett III, H. 201
- F**
- Faggian, A. 61
 Feigenbaum, M. 201
 Felt, U. 45
 Fermi, E. 149
 Ferré, F. 41
 Fischer, E. 147
 Fischer, K. 149, 188, 194,
 199, 201
 Fisher, R. A. 170
 Fleet, S. G. 111
 Fleming, L. 30, 203
 Flohr, S. 58
 Florida, R. 59-61
 Fornahl, D. 64
 Foster, J. 63
 Fournier, M. 53
 Fox, M. F. 112
 Franklin, R. 18-19
 Friedrich, B. 144
 Fritsch, M. 60-61
 Fromhold-Eisebith, M.
 62
 Fuchs-Kittowski, K. 28,
 182
 Fuller, B. 201
- G**
- Galenson, D.W. 53
 Galilei, G. 23, 203
 Gallate, J. 54
 Galton, F. 159
 Ganesh, S. 112
 Garcia, R. 55
 Gardner, H. 189
 Garfield, E. 39, 164, 175,
 177, 202
 Garforth, L. 115
 Garud, R. 65
 Gassmann, O. 57-58, 62
 Gaughan, M. 113
 Gear, D. 54
 Gentner, W. 147
 Geoffroy, C.-J. 174
 Gerkens, D.R. 53
 Gerlach, W. 16-17
 Gibbs, R. 41
 Gill, B. 110
 Giulio, A. Di 27
 Gladwell, M. 189
 Glänzel, W. 37-39, 91
 Gläser, J. 89, 92-93, 96-
 97, 99-100, 109-110,
 114, 116, 119, 124,
 134
 Glick, W. H. 113
 Glum, F. 145
 Goddard, R. 196
 Goenner, H. 147
 Goethe, J. W. 165
 Goffman, W. 175
 Gómez, I. 91
 Goodman, B. 202
 Gordon, W. 111
 Gosling, R. 19
 Grabher, G. 58
 Graeve, H. 191
 Graßmann, H. 201
 Gray, M. 37
 Grelling, K. 12
 Grew, N. 174
 Grimpe, C. 59
 Grossman, G. M. 55
 Gruber, H. E. 181
 Guilford, J. P. 173
 Günther, J. 64
 Gunz, H. 112
- H**
- Haber, F. 144, 146
 Hachenberg, O. 148
 Hacking, I. 42
 Haenel, M. W. 143

- Hage, J. 54
 Hahn, O. 16-18, 143, 147, 149
 Hanisch, C. 201
 Härten, H. 12
 Harre, M. 52
 Harris, M. 57
 Hartkopf, W. 15
 Hartmann, N. 15
 Harwit, M. 197, 202
 Hassel, A. 55
 Hausen, H. zur 201
 Havemann, F. 182
 Heger, D. 66
 Heidelberger, M. 42
 Heinze, Th. 37, 53-54, 57, 162, 174
 Heisenberg, W. 35, 146
 Helpman, E. 55
 Hempel, C. G. 23-25
 Hengstschläger, M. 189
 Henkens, K. 37
 Henning, E. 144
 Henning, M. 64
 Henzler, R. 37
 Hermanowicz, J. C. 112
 Hertz, H. 144
 Hessenbruch, A. 35, 40
 Heuer, A. 51, 59
 Hill, S. A. 58
 Hinze, S. 89
 Hippel, E. 57
 Hoffmann, D. 142, 144
 Hollingsworth, E. J. 54
 Hollingsworth, J. R. 53-55
 Holm-Hadulla, R. M. 160-161, 169
 Holzkamp, E. 143
 Hornbostel, S. 112, 123
 Horrobin, D. 201
 Höwer, D. 66
 Huber, R. 20-21
 Huisman, J. 114
 I
 Ibert, O. 58
 Inkson, K. 112
 Ins, M. v. 115
 J
 Jacob, B. 112
 Jacobs, J. 60
 James, J. 144
 Jansen, D. 45
 Jasanoff, S. 112
 Jaworski, J. 80
 Joerges, B. 42-43, 47
 Jonkers, K. 115
 Jordan, G. B. 54
 Jörges, B. 42-43, 47
 Josephson, B. 201
 Junge, Ch. 147
 Jussieu, A. de 174
 K
 Kamerlingh Onnes, H. 203
 Kamlah, A. 10
 Kant, H. 141, 143-144, 149
 Kant, I. 14-15, 24
 Karnoe, P. 65
 Kauffmann, S. 194
 Kazemi, M. 144
 Kekulé, F. A. 161-162
 Kerr, A. 115
 Keupp, M.M. 58
 Kisielowski, C. 46
 Kleiner, S. A. 15
 Klepper, S. 64
 Klingsporn, B. 112
 Knittel, A. 52
 Koch, J. 63
 Kolumbus 203
 Konegen-Grenier, Ch. 9
 Kopnin, P. W. 15
 Koppel, L. 144
 Kopp-Krimpenfort, M 62
 Koroljow, S. 196
 Kreckel, R. 120
 Krüger, J. 64
 Kudic, M. 64
 Kues, N. von 173
 Kuhlmann, S. 53, 67
 Kuhn, Th. 34, 41, 47-48, 175-177
 Kumaraswamy, A. 65
 Kurka, B. 53
 Kurth, W. 189
 L
 Laitko, H. 28, 141, 149
 Lakatos, I. 25, 41
 Lamarck, J.-B. A. P. de 163-164
 Lambert, L. 47
 Lange, S. 99-100, 134
 Lange-Eichbaum, W. 189
 Laplace, P. S. 168
 Larsen I. M. 104
 Laudan, L. 15
 Laudel, G. 55, 89, 93-94, 99-100, 102, 109-110, 114, 116, 119, 124-125, 128, 134
 Lederberg, J. 202
 Lee, S.Y. 61
 Leeuwen, T.N.v. 53
 Lefgren, L 112
 Leibniz, G. W. 14, 165

- Lenk, H. 25
 Levin, S. 189
 Lévi-Strauss, C. 201
 Leydesdorff, L. 89, 91, 94
 Li, Q.C 61
 Licht, G. 66
 Linde, A. 201
 Linné, C. 164-165, 174
 Lissoni, F. 113
 Liu, Y. 158, 176
 Liyanage, S. 55
 Löfsten, H. 62
 Long, J. S. 112-113
 Lorenz, K. 150
 Love, G. 46
 Lucas, R. E. 55
 Luhmann, N. 31
 Lüst, R. 150
 Lutterotti, N. v. 200
M
 MacRoberts, B. 37
 MacRoberts, M. 37
 Mahoney, J. 63
 Mahoney, M. 199
 Maier, G. 53
 Maillat, D. 62
 Malin, M.V. 177
 Mallon, M. 114
 Malthus, Th. R. 165
 Manow, P. 55
 Marassi, R. 46
 Marginson, S. 101
 Margulis, L. 201
 Markle, G. E. 112
 Martin, B. 199
 Martin, R. 57, 63
 Martin, S. 125
 Martins, H. 105
 Mattauch, J. 147
 Matzinger, P. 201
 Maurer, A. 24
 Maxwell, J. C. 168
 Mayer, K.-U. 111
 Mayer, R. 174
 Mayntz, R. 24, 100, 194
 McClintock, B. 201
 McGinnis, R. 112-113
 McGranahan, D. 61
 McPherson, M. 111
 Meadows, A. J. 175
 Meek V. L. 104
 Meeus, M. 54
 Meitner, L. 16-17, 143, 149
 Melin, G. 112
 Mendelejew, D. I. 174
 Merton, R. 32, 41-42
 Meske, W. 97
 Metzger, G. 66
 Meuser, M. 123
 Meyer, M. 91
 Michaelsen, M. 59
 Michel, H. 20-21
 Miller, C. C. 113
 Mingo, S. 30
 Mises, R. v. 12
 Moed, H. 36-38, 91
 Molas-Gallart, J. 89
 Möllering, G. 65
 Morillo, F. 91
 Morland, S. 174
 Moseley, H. G. 174
 Mößbauer, R. 146-147
 Mößbauer, W. 154
 Mulkay, M. 95
 Müller, A. 45, 203
 Müller, K. 51, 61
 Mullis, K. 40-41, 44
 Mulvey, T. 47
 Mumford, M.D. 52
 Murray, C. 191
 Murray, F. 111
 Musselin, C. 110, 120
N
 Neffke, F. 64
 Neidhardt, F. 100, 200
 Nernst, W. 9, 147
 Neufeld, J. 112
 Neurath, O. 12
 Nickles, Th. 15
 Nightingale, P. 89, 91, 94
 Nobili, F. 46
 Nordberg, M. 55
 Nowotny, H. 45
O
 O'Hara, L.A. 52
 O'Hare, A. 89, 91, 94
 Oberth, H. 196, 201
 Oppenheim, P. 23
 Orth, E. 188
 Osborn, A. F. 179
 Ostwald, W. 7, 9, 158
P
 Pallier, G. 54
 Parthey, H. 15-16, 23, 26-28, 52-53, 72, 84, 149, 175, 182, 194, 199
 Paulsen, M. B. 112
 Payen, A. 158
 Pennycook, S.J. 46
 Penzias 203
 Perlmutter 203
 Pert, C. 201
 Petersen, J. C. 112
 Pezzoni, M. 113
 Pinch, T. J. 42, 112

- Pipp, E. 201
 Placke, B. 9
 Planck, M. 9, 146, 149, 170
 Plato 14
 Poincaré, H. 35
 Polanyi, M. 31-32, 34-35
 Popowitsch, M. P. 15
 Popper, K. 13, 15, 25, 41, 201
 Porter, A. 91
 Potts, J. 63
 Prause, G. 189
 Price, R. L. 114
 Prpi, K. 112
 Prusiner, S. 201
 Pyka, A. 64
- R**
- Rabinow, P. 40-41, 44
 Radder, H. 42
 Rafols, I. 89, 91, 94
 Rammer, C. 51, 61
 Reichenbach, H. 10-13, 21-22
 Reichenbach, M. 10
 Reinhardt, C. 144
 Remer, Th. G. 179
 Renn, J. 141
 Rescher, N. 184
 Reskin, B. F. 113
 Rheinberger, H.-J. 42
 Richtner, A. 62
 Rinia, E. 38
 Roberts, R. 203
 Robin, S. 113-114
 Rogers, E. M. 56
 Rogers, J.D. 54
 Rohrer, H. 35, 40, 46
 Roper, J. 112
 Rosenblatt, F. 201
 Rossell, M.D. 46
 Rous, P. 201
 Rousseau, D. M. 111
 Rousseau, R. 158, 176
 Roy, R. 200
 Rubens, H. 9
 Ruderfer, M. 200
 Rüggeberg, H. 56
 Rürup, G. 141
 Ruska, E. 46-47, 146
 Rutherford, E. 203
- S**
- Sahner, H. 199
 Sales, A. 53
 Salomon, W. C. 10
 Salter, A. 89
 Sandkühler, H. J. 15
 Sanz-Menéndez, L. 91
 Schaffer, S. 42
 Schell, J. 152
 Schiller, F. 10
 Schimank, U. 55, 99, 134
 Schlemmer, B. 37, 39
 Schlick, M. 11
 Schlottmann, G. 84
 Schmid, M. 24
 Schmidt, B. 203
 Schmoch, U. 91
 Schreyögg, G. 63
 Schröder, H. 65
 Schubert, C. 65
 Schulze, C. 51, 59
 Schumpeter, J. 55
 Sen G. 37
 Sengupta, I. 37
 Senker, J.M. 53-54
 Shadish, W. 37
 Shah, J. 53
 Shannon, C. E. 170
 Shapin, St. 42, 44
 Shapira, P. 53-54, 67
 Sharikov, J. S. 15
 Shinn, T. 42-43, 47, 110
 Simonton, D. 183, 186-187
 Siow, A. 111
 Smart, J. C. 112
 Smith, S.M. 53
 Smits, R. 67
 Snyder, A. 52, 54
 Solow, R. M. 55
 Sommer, T. 201, 203
 Sonnack, M. 57
 Sørensen, A. B. 111
 Sörlin, S. 110
 Spier, R. 200
 Spur, G. 7, 52, 69, 73, 87
 Stam, E. 66
 Steinhauser, Th. 144
 Stent, G. 39
 Stephan, P. 189
 Stern, R. 37
 Sternberg, R. J. 30, 52
 Sterzi, V. 113
 Stettes, O. 9
 Stichweh, R. 95
 Stierna, J. 53
 Stirling, A. 89, 91, 94
 Stokes, A. R. 19
 Stollorz, V. 200
 Straßmann, F. 16-17
 Stulz 57
 Stulz, R. M. 57
 Stützer, M. 60
 Sunil K. 37
 Sunley, P. J. 57, 63
 Sutter, P. 57, 62

- Sydow, J. 63, 65
T
 Terman, L. 159
 Terrell, G. 181
 Teubal, M. 67
 Thaler, R. 57
 Thielmann, A. 65
 Thijs, B. 37, 39
 Thomke, S. 57
 Thompson, L. 53
 Thompson, P. H. 64, 114
 Tijssen, R. 91
 Tolliver, D. 37
 Toole, A.A. 59
 Tornier, K. 12
 Torres-Salinas, D. 91
 Trippel, M. 53
 Trüby, J. 51, 61
 Tsantis, L. 176
 Turing, A. 201
 Tushman, M. L. 55, 58,
 64
U
 Umstätter, W. 28, 162,
 169, 171, 175, 177,
 180-182
V
 Vaillant, S. 174
 Valerius, G. 93
 Van Dalen, H. 37
 Van Leeuwen, T. 91
 Van Raan, A. 36, 39
 Vanhaverbeke, W. 58
 Vargas-Hernandez, N. 53
 Villalba, E. 53
 von Ins, M. 112
W
 Wahl, D. 23
 Waismann, F. 11
 Warburg, E. 9
 Warburg, O. 146
 Watson, J. 18-20
 Wedemeier, J. 51
 Wegener, A. 201
 Wein, H. 15
 Weinberg, B.A. 53
 Weingart, P. 51, 100
 Weismann, A. 163
 Weiß, R. 15
 Wendt, H. 70, 84
 Wengenroth, U. 100
 Wertheimer, M. 181
 Wessel, K.- F. 175
 West, J. 58
 Westmeyer, H. 31
 White, H. 36
 Whitley, R. 99-100, 105,
 116, 124, 134
 Wiener, N. 170
 Wikson, H. 19
 Wilkins, M. 18-19
 Williams, D. 46
 Willstätter, E. 154
 Willstätter, R. 146-147
 Wilson 203
 Windeler, A. 65
 Wink, R. 52, 55
 Witt, U. 55, 63
 Wittgenstein, L. 11
 Wittmann, H.-G. 149
 Wojan, T. 61
 Wyrwich, M. 66
Y
 Ye, F. Y. 158, 176
 Youn, T. I. K. 111, 113
Z
 Zabusky, S. E. 114
 Ziegler, K. 143, 153
 Zilsel, E., 12
 Ziolkowsky, K. 196, 201
 Zubieta, A. F. 112
 Zuckerman, H. 32, 36
 Zulueta, M. 91
 Zurlino, F. 80
 Zuse, K. 201

Sachregister

- A**
- Abweichung
 - von der Norm 191
 - Allgemeinbildung 178
 - Anschlussfähigkeit 31
 - innovatiosfähiger Kreativität 77
 - Arbeit
 - technische beim Problemlösen 22
 - Artefakte 74
 - Assoziation 161, 169
 - Ausbreitung kreativer Ideen 175
 - Autokatalyse 159, 176
 - Autonom 116
- B**
- Begriff
 - klassifikatorischer 25
 - komparativer 25
 - metrischer 25-26
 - Beschreibung
 - Wahrheit der 22
 - Big Science 179, 182
 - und Little Science 176
 - Brainstorming 179
- C**
- Cavendish Laboratory in Cambridge 18
 - Chair-System 119
 - confirmation bias 199
- D**
- Delphimethode 179
 - Digitalisierung
 - der Innovationsplanung 80
 - disziplinäre Matrix 192
 - Disziplinierung
 - der Interdisziplinarität 27
 - Diversität 91-94
 - epistemische 89-90, 93-96, 99-100, 106-107
 - ihre Berechnung 107
 - institutionelle 89-90, 95, 99-100, 106-107
 - und Konzentration 106
- E**
- Effizienz
 - des Wissenschafts-systems 185
 - Elektronenmikroskop 146
 - Emergenz 160-161
 - Entdeckungszusammenhang
 - und Rechtfertigungszusammenhang 13
 - Entpersonifizierung des Neuen 28
 - Entwurfsproblem 84-85
 - epistemische Diversität 89
 - Erfindung 75-76
 - Erkenntnis
 - Nachkonstruktion der 13
 - Erkenntnisproblem
 - wissenschaftliches 18
- F**
- Erkenntnistheorie
 - beschreibende 12
 - beschreibende Aufgabe der 13
 - Erklärung 23-24
 - historische 23
 - sozialwissenschaftliche 24
 - wissenschaftliche 23
 - Erklärungsproblem 24
 - Eta-Theorem 170
 - Experiment 23, 26
 - Experimentelle Methode 23
- F**
- Falsifikation 164
 - Fließbandproduktion von Wissen 182
 - Forscher
 - ihre Phantasie 22
 - Forschung
 - Diversität der 89
 - Forschungsergebnisse
 - signifikante 184
 - Forschungslinien 109
 - Forschungsproblem
 - gut formuliertes 26
 - Forschungssituation
 - disziplinäre 27
 - Instabilität der 16
 - interdisziplinäre 27
 - wissenschaftliche Integrität 26
 - wissenschaftliche Integrität der 26-27

- Fortschrittspessimismus 178
- Fritz-Haber-Institut 152-153
- fuzzy logic 161
- G**
- Genialität 183
- Geschichtswissenschaft 118
- Geschützter Raum 116, 119
- Governance 95-98
- Großforschung 20
- H**
- Harnack-Prinzip 149
- Hypothese 13
- ihre Bildung 13, 24
- ihre Überprüfung 13
- I**
- Ideendiversität 186
- Imagination 162
- Impact Factor 177
- Induktion 11, 22
- Informationstechnik
- ihr Eindringen in Wissensgebiete 79
- Innovation 183
- intellektuelle 109
- kompetenzerweiternd 55
- kompetenzerstörende 55
- radikale 55-57
- Innovationsforschung 69-72
- Innovationsmanagement 77, 79
- Innovationssysteme 72-74, 81
- inspiration 162
- Instabilität
- der Forschungssituation 16
- Integrität
- wissenschaftliche 26-27
- Intellektuelle Innovation 109
- Intelligenz
- und Kreativität 83
- Interdisziplinarität 93
- Interdisziplinarität der Institute 148
- Interpretation 171
- Intuition 162
- invisible colleges 182
- J**
- Juniorprofessor 121
- K**
- Karriere
- Kognitive Karriere 115
- Organisationskarriere 113
- Karrieremuster 119
- Kausalität 169
- Kernresonanzabsorption 146
- King's College in London 18
- Klassifikation 25
- Kognitive Karriere 115
- Kommerzialisierung 51
- Komparation 25
- Konnektivität 195
- Konsistenz metrischer Ausdrücke 26
- kooperative Kreativität 179
- Kreative Klasse 59
- Kreativität 29, 87, 160, 180
- handlungsorientierte 87
- individuelle 85
- individueller Forscher 189
- innovationsfähige 75, 78, 83, 85-87
- kooperative 179
- technologische 83, 85
- und Intelligenz 83
- vernetzte 181
- Kreativitätsfaktor
- Muße 190
- Kreativitätsforschung 173
- Kreativitätspotenzial 88
- Kreativitätspotenziale 88
- Kreativwirtschaft 51
- KWI für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht 148
- KWI für Chemie 16, 143-144, 147
- KWI für medizinische Forschung 148-149
- KWI für Physik 147, 150
- KWI für Physikalische Chemie 152
- KWI für Physikalische Chemie und Elektrochemie 144
- KWI/MPI für Kohlenforschung 152
- L**
- Lerneffekte
- dysfunktionale 187
- Little Science 177

- und Big Science 176
- Logik 183
- M
- Mainstream 143, 145-146
- Massenmedien 174
- Mehrfachentdeckungen 178
- Messung 25, 27
- Methode
 - und Problem 13, 21
 - wissenschaftliche 12
- Methodengefüge
 - und Problemfelder 16
- Methodisches Vorgehen
 - seine Variation 16, 20
- Modellierung 18
- Molekularbiologie 118
- Monokultur
 - wissenschaftliche 186
- MPI für Biochemie 20
- MPI für biophysikalische Chemie 152
- MPI für Kernphysik 147
- MPI für Kohlenforschung 143
- MPI für medizinische Forschung 147, 152
- MPI für Molekulare Genetik 149
- MPI für Physikalische Chemie 152
- MPI für Radioastronomie 148
- MPI für Verhaltensforschung 150
- Muße
 - Kreativitätsfaktor 190
- Mutationsfähigkeit
 - von Instituten 152
- N
- Nachhkonstruktion
 - der Erkenntnis 13
- Netzwerke 193
- Neues
 - in der Wissenschaft 10-13
 - seine Entpersonifizierung 28
- Neuheit
 - und Relevanz 30
- normal science 200
- Normalwissenschaft 47
- O
- Occams Razor 162
- Ökonomisierung 51
- Open innovation 51
- Organisationskarriere 113, 115
- Originalität 29
- P
- Pädagogisches Perzeptionsparadox 180
- Paradigma 192, 194
- Paradigmenwechsel 175-176
- Peer-Review-System 198, 200
- Peer-Review-Verfahren 197
- Pfadabhängigkeit 63
- Phantasie 9, 162, 190
 - in der Forschung 15, 22
- Planungskultur 83
- Polymerase Kettenreaktion 40
- Problem 14, 180
 - Begriff 13, 24
 - der Erkenntnis 13, 18
 - der Erklärung 24
 - Entwurfsproblem 84
 - und Methode 13, 21
 - wissenschaftliches 13-15
- Problematisierung
 - degenerative 25
 - progressive 24
 - weiterführende 24
- Problemfeld
 - und Methodengefüge 16
- Problemformulieren
 - seine Variation 18, 20
- Problemlösen
 - durch technische Arbeit 22
 - methodisches 21
- Problemlösungsphase 83-84

- Problemorientierte Innovationskreativität 83
 Problemstruktur
 - der Technikwissenschaften 84
 production of novelty 181
 Produktionskontext 188
 Protokollsätze 10
 Publikation
 - in der Wissenschaft 28
R
 Radikale Innovation 55
 Rastertunnelmikroskop 40
 Raum
 - geschützter 116, 119
 Rechtfertigungszusammenhang
 - und Entdeckungszusammenhang 13
 Related variety 64
 Relevanz
 - und Neuheit 30
 - wissenschaftliche 31
 Revolution
 - wissenschaftliche 48
 Rezeptionsmilieu
 - seine Aufnahmekapazität 187
 Risikomatrix 81
- S**
- Selbstselektion
 - der Wissenschaftler 104
 Selbstzuordnung
 - von Wissenschaftlern 96
 Selektionsmilieu 188
 Serendipity 179
 Spannungsverhältnis 32
 Spiegelneuronen 181
 Spin-off-Organisation 57
 Steuerungsparameter 195
 stimulating progress 162
 Subsidiarität zur Universitätsforschung 147
 susceptible-infected-recovered-model 177
T
 Technikwissenschaftler 71
 - Problemstruktur der 84
 Technologiefeindlichkeit 178
 Tenure-Option 121
 Tenure-System 119
 Tenure-Track-System 119
 Theodizee-Problem 165
V
 Variation
 - beim Problemformulieren 18, 20
 - im methodischen Vorgehen 16
- W**
- Wahrheit 22
 Wissenschaft
 - als methodisches Problemlösen 13
 - als sozialwissenschaftliches Phänomen 12
 - Publikation in der 28
 - Revolution in der 48
 - Veränderung ihrer gesellschaftliche Position 80
 Wissenschaftliche Texte 28
 Wissenschaftlichkeit
 - Kriterien der 21
 Wissenschaftsdisziplin
 - Begriff 27
 Wissenschaftsforschung 12
 - moderne 12
 Wissenschaftsgeschichte 29
Z
 Zeitgeist 183

Jahrbücher Wissenschaftsforschung

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1994/95.

Hrsg. v. Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Jutta Petersdorf. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Günter Hartung, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Renate Müller, Heinrich Parthey u. Manfred Wölfling. Marburg: BdWi – Verlag 1996. 306 Seiten

Wissenschaftsforschung: Jahrbuch 1996/97.

Hrsg. v. Siegfried Greif, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Claudia Hermann, Gunter Kayser, Karlheinz Lüdtke, Werner Meske, Heinrich Parthey, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Regine Zott. Marburg: BdWi – Verlag 1998. Zweite Auflage: Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 254 Seiten.

Wissenschaft und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1998.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Hubert Laitko, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Frank Havemann, Horst Kant, Hubert Laitko, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Wolfgang Stock, Walther Umstätter, Roland Wagner-Döbler, Petra Werner u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2000. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 368 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999.

Hrsg. v. Siegfried Greif u. Manfred Wölfling. Mit Beiträgen von Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Hans-Eduard Hauser, Frank Havemann, Gunter Kayser, Andrea Scharnhorst, Roland Wagner-Döbler, Manfred Wölfling u. Janos Wolf. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 227 Seiten.

Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2000.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Heinrich Parthey, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Christian Dame, Klaus Fuchs-Kittowski, Frank Havemann, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für

Wissenschaftsforschung 2001. Zweite Auflage 2010 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 239 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Werner Ebeling, Klaus Fuchs-Kittowski, Siegfried Greif, Christoph Grenzmann, Horst Kant, Matthias Kölbl, Rüdiger Marquardt, Heinrich Parthey, Andrea Scharnhorst, Tankred Schewe, Günter Spur u. Walther Umstätter. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2002. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 234 Seiten.

Wissenschaftliche Zeitschrift und Digitale Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2002.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Manfred Bonitz, Horst Kant, Alice Keller, Matthias Kölbl, Heinrich Parthey, Diann Rusch-Feja, Andrea Scharnhorst, Uta Siebeky, Walther Umstätter u. Regine Zott. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2003. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 224 Seiten

Evaluation wissenschaftlicher Institutionen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2003.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Wolfgang Biedermann, Manfred Bonitz, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Frank Havemann, Marina Hennig, Heinrich Parthey, Dagmar Simon u. Roland Wagner-Döbler. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2004. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 250 Seiten.

Wissensmanagement in der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2004.

Hrsg. v. Klaus Fuchs-Kittowski, Walther Umstätter u. Roland Wagner-Döbler. Mit Beiträgen von Vladimir Bodrow, Klaus Fuchs-Kittowski, Jay Hauben, Matthias Kölbl, Peter Mambrey, Erhard Nullmeier, Walther Umstätter, Rose Vogel u. Sven Wippermann. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2008. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 200 Seiten.

Gesellschaftliche Integrität der Forschung: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2005.

Hrsg. v. Klaus Fischer u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Klaus Kornwachs, Reinhard Mocek, Heinrich Parthey, André Rosenthal, Hans A. Rosenthal, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2006. Zweite Auflage 2011 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 244 Seiten.

Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006.

Hrsg. v. Heinrich Parthey u. Günter Spur. Mit Beiträgen von Gerhard Banse, Klaus Fischer, Siegfried Greif, Klaus Fuchs-Kittowski, Karlheinz Lüdtke, Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Frankfurt am Main-Berlin-Bern-Bruxelles-New York-Oxford-Wien: Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften 2007. 248 Seiten.

Integrität wissenschaftlicher Publikationen in der Digitalen Bibliothek: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2007.

Hrsg. v. Frank Havemann, Heinrich Parthey u. Walther Umstätter. Mit Beiträgen von Bettina Berendt, Stefan Gradmann, Frank Havemann, Andrea Kaufmann, Philipp Mayr, Heinrich Parthey, Wolf Jürgen Richter, Peter Schirmbacher, Uta Siebecky, Walther Umstätter u. Rubina Vock. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2007. Zweite Auflage 2012 [Elektronische Ressource der Deutschen Nationalbibliothek]. 296 Seiten.

Selbstorganisation in Wissenschaft und Technik: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2008.

Hrsg. v. Werner Ebeling u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Werner Ebeling, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Jochen Gläser, Frank Havemann, Michael Heinz, Karlheinz Lüdtke, Oliver Mitesser, Heinrich Parthey u. Andrea Scharnhorst. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2009. 285 Seiten.

Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2009.

Hrsg. v. Heinrich Parthey, Günter Spur u. Rüdiger Wink. Mit Beiträgen von Ulrich Busch, Thomas Heinze, Heinrich Parthey, Günter Spur, Walther Umstätter u. Rüdiger Wink. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2010. 233 Seiten.

Interdisziplinarität und Institutionalisierung der Wissenschaft: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2010.

Hrsg. v. Klaus Fischer, Hubert Laitko u. Heinrich Parthey. Mit Beiträgen von Michael Böcher, Jens Clausen, Klaus Fischer, Klaus Fuchs-Kittowski, Erhard Gey, Horst Kant, Max Krott, Hubert Laitko, Harald A. Mieg, Heinrich Parthey u. Volker Wohlgemuth. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2011. 301 Seiten.

Digital Humanities: Wissenschaften vom Verstehen: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2011.

Hrsg. v. Stefan Gradmann u. Felix Sasaki. Mit Beiträgen von Wolfgang Coy, Hans-Walter Gabler, Stefan Gradmann, Christian Kassung, Gerhard Lauer, Jan Christoph Meister, Andrea Rapp, Laurent Romary, Patrick Sahle, Felix Sasaki, Werner Wegstein u. Christian Wolff. (Im Druck).

Jahrbücher Wissenschaftsforschung im Internet:

www.d-nb.de

www.wissenschaftsforschung.de

www.sciencestudies.eu