

Radikale Innovationen und Forschungsorganisation: Eine Annäherung

Wenn Watson und Crick die Struktur der DNA nicht entschlüsselt hätten, dann hätte es innerhalb der nächsten zwei, drei Jahre jemand anders getan ... Aber wenn Kafka nicht den ‚Prozeß‘ geschrieben hätte, dann wäre dieser Roman bis in alle Ewigkeit ungeschrieben geblieben.

Harry Mulisch, Die Prozedur

Dieser Text¹ widmet sich zentral der Frage nach den strukturellen und kulturellen Eigenschaften von Forschungsorganisationen, welche die ‚großen Durchbrüche‘ und ‚radikalen Entdeckungen‘ im Feld der biomedizinischen Wissenschaften beeinflussten.² Im speziellen widmet sich diese Arbeit den charakteristischen Merkmalen jener Forschungsorganisationen, welche im Lauf der Jahre

* Eine erweiterte Fassung dieses Artikels mit einer ausführlichen weiteren Fallstudie, nämlich zum ‚California Institute of Technology‘, ist: J. Rogers Hollingsworth u. Ellen Jane Hollingsworth, *The Structure of Research Organizations and Radical Innovation in Science*, unveröff. Typoskript, Madison 1999. Eine leicht veränderte englische Version erscheint unter dem Titel J. Rogers Hollingsworth u. Ellen Jane Hollingsworth, *Major Discoveries and Biomedical Research Organizations. Perspectives on Interdisciplinarity, Nurturing Leadership, and Integrated Structures and Cultures*, in: Peter Weingart u. Nico Stehr, Hg., *Practising Interdisciplinarity*, Toronto 2000. Der vorliegende Artikel wurde von Karl H. Müller übersetzt.

1 Unser Dank gilt Ragnar Bjork, Jerald Hage, Nico Stehr, Peter Weingart, Gerald Edelman und Julie Klein für ihr Engagement und ihre Diskussionsbereitschaft. Den Archiv-Mitarbeitern im Karolinska-Institut sowie im ‚California Institute of Technology‘ gebührt unser Dank für ihre wertvolle und sachliche Hilfe. Und schließlich möchten wir noch der ‚Rockefeller Foundation‘, der ‚Sloan-Foundation‘, der ‚Andrew W. Mellon Foundation‘ und dem Schwedischen Forschungsförderungsfonds für ihre großzügige Unterstützung unseren Dank abstellen. Als Monographien zur Entwicklung in der Biomedizin speziell in den USA vgl. u. a. Lily E. Kay, *The Molecular Vision of Life. Caltech, the Rockefeller Foundation and the Rise of the New Biology*, New York 1993; Robert E. Kohler, *The Lords of the Fly. Drosophila Genetics and the experimental Life*, Chicago 1994 oder John W. Servos, *Physical Chemistry from Oswald to Pauling. The Making of Science in America*, Princeton 1990.

2 Anm. des Übersetzers: Aus Gründen der terminologischen Variation werden die Ausdrücke

und Jahrzehnte immer wieder mit ‚wissenschaftlichen Revolutionen‘ hervorgetreten sind. Obschon der Schwerpunkt der empirischen Resultate auf den Vereinigten Staaten liegt, gibt es immer wieder Bezüge zu verschiedenen anderen nationalen Forschungssettings. Der vorliegende Artikel bildet einen Teil einer größeren Studie, die sich den strukturellen und kulturellen Charakteristika von biomedizinischen Forschungsorganisationen in vier Ländern (Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Vereinigte Staaten) widmet. Besonderes Augenmerk gilt dabei einer zentralen Frage: Warum unterscheiden sich Forschungsorganisationen in ihren Fähigkeiten oder Potentialen, neue kognitive Durchbrüche innerhalb der Biomedizin zu erzielen. Immer wieder wird man nämlich mit dem Phänomen konfrontiert, daß eine Forschungsorganisation zu einer weltweit führenden Position aufsteigt und dann, wegen ihrer organisatorischen Trägheit und wegen fehlender Anpassungen an neue Herausforderungen, diese Führungsposition wieder verliert.

Es sind, und damit kommen wir zur Kernaussage dieses Artikels, spezielle strukturelle und organisatorische Arrangements, welche sich als notwendig erweisen, wenn Wissenschaftler tatsächlich einen ‚Paradigmenwechsel‘ innerhalb ihrer jeweiligen Disziplinen erreichen wollen. Es wird zum vorrangigen Ziel unserer Arbeiten, jene Schlüsselfaktoren für Wissenschaftsinnovationen aus dem Bereich der Forschungsorganisation zu identifizieren. Die Grundfragen für diese Art der Forschung besitzen ihren Ursprung in der wissenschaftssoziologischen Diskussion um den Einfluß von strukturellen und kulturellen Faktoren für radikale Innovationen. So gibt es mittlerweile eine unüberschaubare und äußerst anregende Literatur innerhalb der Wissenschaftsgeschichte und der Wissenschaftssoziologie des zwanzigsten Jahrhunderts zu zwei großen Themenkomplexen: Einmal zum Themenfeld der ‚Performanz‘ innerhalb des Wissenschaftsbetriebs mit Problemstellungen wie ‚wissenschaftliche Entdeckungen‘, kreative Prozesse innerhalb der Wissenschaften und ganz allgemein zur ‚wissenschaftlichen Produktivität‘.³ Der zweite Themenkomplex gehört den organisatorischen Kontexten, den Strukturen, Strategien und den ‚Kulturen‘, innerhalb derer die

‚große‘, ‚nachhaltige‘, ‚radikale‘ Durchbrüche (‚Entdeckungen‘, ‚Erfindungen‘, ‚Paradigmenwechsel‘) als jeweils äquivalent genommen.

3 Vgl. dazu überblicksartig: Joseph Ben-David, *The Scientist's Role in Society. A Comparative Study*, Englewood Cliffs, NJ 1971; ders., *Centers of Learning. Britain, France, Germany, United States*, New York 1977; ders. u. Randall Collins, *Social Factors in the Origin of a New Science*, in: *American Sociological Review* 31 (1966), 451–465, P. D. Allison u. J. Scott Long, *Departmental Effects on Scientific Productivity*, in: *American Sociological Review* 55 (1990), 469–478; Karin Knorr, *The Manufacture of Knowledge. An Essay in the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford 1981; Garland E. Allen, *Opposition to the Mendelian-Chromosome Theory. The Physiological and Developmental Genetics of Richard Goldschmidt*, in: *Journal of the History of Biology* 7 (1978), 55–87; ders., *Thomas Hunt Morgan, The Man and His Science*, Princeton 1978; Donald C. Pelz, Frank M. Andrews, *Scientists in Organizations. Productive Climates for Research and Development*, New York

Wissenschaften operieren. Für uns stellt sich der Prozeß der wissenschaftlichen Forschung als eine Verbindung von lokalen, kollektiven und globalen Elementen dar.⁴ In den letzten Jahren hat sich in den Arbeiten der Wissenschaftsforschung eine zunehmende Schwerpunktverlagerung auf die Bedeutsamkeit des Forschungslabors als konkretem Ort großer Entdeckungen und Umstürze vollzogen.⁵ Diese und mehrere andere Arbeiten haben die Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit des ‚impliziten Wissens‘ gelenkt und darüber hinaus gezeigt, daß sich wissenschaftliches Wissen als hochgradig differenziert, als ungleich verteilt und als stark in lokalen Kontexten eingebettet erweist.⁶ Der vorliegende Artikel geht über die bestehende Diskussion hinaus und bemüht dazu Elemente aus der Theorie ‚komplexer Organisationen‘, aus den Analysen ‚lokaler‘ Forschungspraktiken und aus der Konzeption ‚impliziten Wissens‘. Zu diesem Zweck wird zunächst eine Reihe von Variablen zur Forschungseinheit insgesamt und für den Bereich von Labors bzw. Abteilungen spezifiziert. In einem zweiten Schritt werden Fallstudien vorgenommen, um die Beziehungsmuster zwischen diesen Variablen für das Schwerpunktthema „radikale Innovationen im biomedizinischen Komplex“ zu untersuchen.

Grundbegriffe, Daten, Methoden

Begrifflich werden große Durchbrüche als jene Entdeckungen oder Prozesse definiert, die – in der Regel durch eine Kaskade an zahlreichen kleinen ‚Fortschritten‘ vor- und aufbereitet – ein besonders gewichtiges Problem gelöst haben und die ihrerseits „to a number of smaller advances, based on the newly discovered principle“ führen.⁷ Im Lauf der Wissenschaftsgeschichte manifestierten sich solche ‚großen Durchbrüche‘ als radikale neue Leitidee, beispielsweise die

1966; Harriet Zuckerman, *Scientific Elite. Nobel Laureates in the United States*, New York u. London 1977.

4 Vgl. dazu nur Steven Shapin, *Here and Everywhere. Sociology of Scientific Knowledge*, in: *Annual Review of Sociology* 21 (1995), 289–321; Michael Lynch, *Art and Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*, London 1985; ders., *Scientific Practice and Ordinary Action: Ethnomethodology and Social Studies of Science*, Cambridge 1993.

5 Vgl. als wichtige Referenzpunkte nur Joan H. Fujimura, *The Molecular Biology Bandwagon in Cancer Research: Where Social Worlds Meet*, in: *Social Problems* 35 (1987), 261–283; Bruno Latour u. Steven Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, Princeton 1979 sowie Shapin, *Here*, wie Anm. 4.

6 So unter anderem P. Dasgupta u. Paul A. David, *Toward a New Economics of Science* (MERIT Research Paper), Maastricht 1993, 94–103, Maastricht 1993; Lynch, *Art*, wie Anm. 4, sowie ders., *Practice*, wie Anm. 4.

7 So Joseph Ben-David, *Scientific Productivity and Academic Organization in Nineteenth Century Medicine*, in: *American Sociological Review* 25 (1960), 828–843, hier 828. Zu diesem Punkt vgl. weiterhin Robert Merton, *Singletons and Multiples in Scientific Discovery*, in:

Konzeption von Trägern der Erbanlagen, als die Entwicklung einer neuen Methodologie wie das ‚genetische Mapping‘, als ein neuartiges Instrument oder eine Erfindung von der Art des Elektronenmikroskops oder als ein ganzes *Cluster* solcher Leitideen, idealtypisch exemplifiziert an der Evolution der Evolutionstheorie. Solche großen Durchbrüche brauchen nicht schlagartig in die Welt gesetzt werden. Es kann durchaus der Fall sein, daß solche ‚Revolutionierungen‘ zahllose kleine Experimente erforderten oder sich in einem Prozeß vollzogen, der sich über längere Zeitspannen erstreckte und einen Gutteil an ‚implizitem Wissen‘ voraussetzte oder akkumulierte.⁸

Um den Begriff des ‚großen Durchbruchs‘ oder der ‚nachhaltigen Entdeckung‘ einzuführen, möchten wir uns primär, aber nicht ausschließlich auf die wissenschaftliche Gemeinschaft selbst verlassen. Als ‚großer Durchbruch‘ sollen jene Kriterien Anwendung finden, welche innerhalb des Wissenschaftssystems selbst angelegt sind, um ‚große Durchbrüche‘ anzuerkennen. Wir bemühen allerdings zur Operationalisierung des Begriffs eine Vielfalt an Strategien. So schließen wir auch Durchbrüche oder Entdeckungen ein, die zum Gewinn oder zum Beinahe-Gewinn einer der großen wissenschaftlichen Auszeichnungen geführt haben. Und obschon wir die großen Durchbrüche und Entdeckungen an die großen Prämierungen im Wissenschaftsbereich binden, soll doch kein einzelner Preis, sondern eine Mehrzahl solcher akklamierten Auszeichnungen herangezogen werden. Als ‚große Durchbrüche‘ oder ‚nachhaltige Entdeckungen‘ gelten innerhalb der biomedizinischen Wissenschaften jene, die (1) durch die Copley-Medaille der *Royal Society* in London seit dem Jahre 1901 prämiert werden, (2) mit einem Nobel-Preis für Physiologie beziehungsweise Medizin seit der ersten Preisverleihung im Jahre 1901 ausgezeichnet werden, (3) seit 1901 mit einem Nobel-Preis für Chemie geehrt wurden (sofern sich diese Forschung als relevant für den biomedizinischen Komplex herausstellt, was in der Regel für die Entdeckungen innerhalb der Biochemie und einigen anderen chemischen Teilbereichen gilt), (4) vor 1941 jeweils mindestens zehn Nominierungen über mindestens drei Jahre für einen Nobel-Preis in Physiologie bzw. Medizin oder Chemie (sofern der Bezug zur Biomedizin gegeben ist) erhielten. Der Grund für dieses Kriterium liegt hauptsächlich darin, daß eine hohe Zahl an Nominierungen eine breite Überzeugung innerhalb der wissenschaftlichen *Community* zum Ausdruck bringt, daß dieses Forschungsergebnis einen größeren Durchbruch darstellt, selbst wenn es nicht unmittelbar zu einem Nobel-Preis führt. (5) Jedes Jahr setzt die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften

Proceedings of the American Philosophical Society 55 (1961), 470–486, ders., *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago 1973; Nathan Rosenberg, *Exploring the Black Box. Technology, Economics, and History*, Cambridge 1994, bes. 15.

⁸ Vgl. dazu auch Michael Polanyi, *The Tacit Dimension*, London 1966; Bruno Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Cambridge 1987.

und das Karolinska Institut jeweils ein Komitee ein, das die großen Entdeckungen untersuchen und mögliche Preisträger innerhalb der Chemie oder der Medizin vorschlagen soll. Diese beiden Komitees gelangen jeweils zu einer engen Auswahl an ‚preisverdächtigen‘ Entdeckungen, von denen dann einige auch tatsächlich mit dem Nobel-Preis ausgezeichnet wurden. Wir schließen für die Zeit vor 1945 in unsere Gruppe der großen Durchbrüche auch Kandidaten in die engere Auswahl ein, selbst wenn sie dann keinen Nobel-Preis bekommen oder auch das Kriterium der zehn Nennungen in zumindest drei Jahren verfehlen sollten. Wir haben für den Zeitraum vor 1946 Zugang zu den Nobel-Archiven für den Physiologie- bzw. den Medizin-Preis am Karolinska-Institut sowie zu den Archiven der Königlich Schwedischen Akademie in Stockholm. Aus Gründen der Vertraulichkeit sind allerdings die Archive für die letzten fünfzig Jahre noch verschlossen. Um die Vielfalt an großen wissenschaftlichen Entdeckungen für diese Zeitspanne abzudecken, wurden weitere Kriterien herangezogen. So schlossen wir auch (6) jene großen Entdeckungen ein, die durch den *Arthur und Mary Lasker-Preis* für biomedizinische Wissenschaften, (7) durch den *Louisa Gross Horwitz-Preis* für die biomedizinische Grundlagenforschung, und schließlich (8) durch den *Crafoord Preis* prämiert worden sind, der durch die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften verliehen wird. Diese Formen der Auszeichnung und Prämierung wurden für die gesamte Periode von 1901 bis 1995 als Basis für ‚große Durchbrüche‘ herangezogen. Und gerade weil nicht alle spektakulären Entdeckungen und ‚Paradigmenverschiebungen‘ mit einem Nobel-Preis ausgezeichnet werden können, haben wir uns außerordentlich bemüht, diese Studie nicht als eine Geschichte der Nobel-Preisträger anzulegen.

Mit den bisherigen Kriterien ist die empirische Basis dafür aufbereitet, was als ‚großer Durchbruch‘ oder als ‚bedeutende Entdeckung‘ innerhalb der biomedizinischen Wissenschaften qualifiziert werden kann – und soll. Als nächsten Schritt galt es herauszufinden, in welchem Labor und in welcher Forschungseinrichtung diese neuen Ergebnisse erzielt worden sind. Anders ausgedrückt ging es in diesem nächsten Punkt darum, trotz des Schwerpunktes auf organisatorische Faktoren die Karrieren einzelner Forscher zu untersuchen, um die genauen Orte für die spektakulären Durchbrüche identifizieren zu können. Als Ergebnis dieser Analyse konnten wir konkrete Forschungseinrichtungen, in deren Kontext sich die großen Durchbrüche abspielten, benennen und ihnen eine oder mehrere solcher ‚biomedizinischen Revolutionen‘ zuschreiben. In einigen Fällen haben Wissenschaftler ihre großen Durchbrüche über mehrere Forschungseinrichtungen hindurch erreicht und wir haben der gesamten Kette an Instituten einen solchen ‚Innovations-Bonus‘ vergeben. Zudem nimmt unsere Untersuchung darauf Rücksicht, daß nicht alle Wissenschaftler, die an solch großen Durchbrüchen beteiligt waren, eine Anerkennung ihrer wissenschaftlichen Leistungen durch

die Verleihung akademischer Auszeichnungen gefunden haben. Einige Forscher konnten aus unterschiedlichen Gründen für einzelne Preise nicht berücksichtigt werden – so werden beispielsweise Nobel-Preise nur an noch lebende Personen verliehen. Trotz der Tatsache ‚vergessener‘ oder ‚übergangener‘ Auszeichnungen gilt unsere Untersuchung aber nicht den einzelnen individuellen Forscherkarrieren, sondern den organisatorischen Merkmalen von Forschungseinrichtungen. Und für diese Problemstellung besitzt das Phänomen mangelnder Anerkennung keinen unmittelbar störenden oder verfälschenden Bias. Denn unsere Methode der Tiefenanalyse über die konkreten Orte von großen Durchbrüchen erlaubt es, jene Wissenschaftler zu identifizieren, die zum Zustandekommen dieser Ergebnisse beitrugen, obwohl sie selbst nicht die Anerkennung durch ein entsprechendes Komitee gefunden haben.

Diese Art von Forschung bemüht sich nicht um eine Geschichte großer wissenschaftlicher Ideen oder um die Kreativität einzelner Wissenschaftler. Die weitere Analyse setzt zwar voraus, daß große Entdeckungen von Individuen erzielt wurden und daß Kreativität eine unaufhebbare individuelle Besonderheit darstellt. Der Schwerpunkt der weiteren Arbeit gilt der Frage, wie die Kontexte von Forschungslaboratorien bzw. Abteilungen und der Forschungseinheit insgesamt die Schaffung großer biomedizinischer Entdeckungen im zwanzigsten Jahrhundert beeinflusst. Die großen Erfindungen innerhalb der Laboratorien, der Forschungsabteilungen und der Institute geschehen nicht durch das Wirken eines blinden Zufalls. Dort, wo diese radikalen Entdeckungen stattfinden, herrschen besondere und eigene Bedingungen. Und die sollen in der weiteren Arbeit näher spezifiziert und vorgestellt werden.

Strukturelle und kulturelle Begriffe

Die Analyse von Forschungseinheiten und Laboratorien bzw. Abteilungen dreht sich um sieben zentrale Begriffe, die auch in der Übersicht unten zusammen mit den dafür konstitutiven Indikatoren oder Beispielen angeführt werden. Diese Begrifflichkeiten betreffen (1) die ‚Vielfalt von Wissensfeldern‘, (2) die ‚Wissenstiefe‘ innerhalb jedes der diversen Wissensfelder, (3) die Differenzierung der Organisation und Abteilungen in Untereinheiten, (4) die hierarchische und bürokratische Koordination (beispielsweise das Ausmaß an Standardisierung von Regeln und Abläufen), (5) das Ausmaß an interdisziplinären und integrierten ‚Kulturen‘, (6) die Führungskapazität, welche die Fähigkeit zur Integration von diversen Wissensfeldern besitzt, und (7) die ‚Qualität‘ wie die Qualifikationen von Wissenschaftlern in den einzelnen Laboratorien, Abteilungen und Instituten. Es sollte noch eigens betont werden, daß es zwischen den beiden

Niveaus (Forschungseinheit und Laboratorien bzw. Abteilungen) ‚feine Unterschiede‘ bei den jeweiligen Indikatoren und Beispielen gibt.

Organisatorische Schlüsselfaktoren: Indikatoren und Beispiele

Die Ebene von Forschungseinrichtungen insgesamt

1. Vielfalt: (1) die unterschiedlichen biologischen wie medizinischen Disziplinen und Subdisziplinen, (2) Anteile von Personen in den biologischen Wissenschaften mit Forschungserfahrungen in anderen Disziplinen und/oder Paradigmen.
2. Tiefe: (1) die Größe einer wissenschaftlichen Gruppe in jedem der unterschiedlichen Wissenschaftsfelder, (2) ‚Weite‘ an Expertise in jedem der Wissenschaftsfelder (im Falle der Genetik beispielsweise Spezialisierungen auf *Drosophila*, Mais, Mäuse, etc.).
3. Differenzierung: (1) die Anzahl von biomedizinischen Abteilungen und anderen Einheiten, (2) Delegation der Entscheidung für die Personalaufnahme auf die Ebene von Abteilungen oder anderen Untereinheiten, (3) Verantwortung für extramurale Finanzmittel auf der Ebene von Abteilungen oder anderen Untereinheiten.
4. Hierarchische und bürokratische Koordination: (1) Standardisierung von Regeln und Abläufen, (2) zentrale budgetäre Kontrollen, (3) zentralisierte Entscheidungen über Forschungsprogramme, (4) zentralisierte Entscheidungen über die Personalanzahl.
5. Interdisziplinäre und integrierte Aktivitäten zwischen Laboratorien, Abteilungen und Unterabteilungen: (1) die Häufigkeit und die Intensität von Interaktionen, (2) Publikationen von Artikeln, (3) Vorhandensein von Zeitschriften-Räumen, (4) gemeinsame Mahlzeiten und Freizeitaktivitäten.
6. ‚Leadership‘, die Fähigkeit zur Integration wissenschaftlicher Vielfalt: (1) Strategische Vision zur Integration unterschiedlicher Gebiete wie auch für Schwerpunktthemen, (2) Fähigkeit zur Sicherung ausreichender finanzieller Mittel für diese Schwerpunkte, (3) Fähigkeit zur Rekrutierung eines hochqualifizierten, aber hinreichend diversen Personals, so daß die einzelnen Forschungsgruppen ständig über den momentanen Stand an signifikanten und potentiell lösbaren Problemfeldern informiert sind, (4) die Fähigkeit zu harter Kritik im Kontext einer innovationsfreundlichen, unterstützenden Umgebung.
7. Qualität: (1) Anteil von Wissenschaftlern an der landesweit angesehensten Wissenschaftsakademie, (2) Forschungsmittel pro Wissenschaftler.

Die Ebene von Forschungslaboratorien und Forschungsabteilungen

1. Vielfalt: (1) die unterschiedlichen biologischen wie medizinischen Disziplinen und Sub-Disziplinen, (2) Anteile von Personen in den biologischen Wissenschaften mit Forschungserfahrungen in anderen Disziplinen und/oder Paradigmen.
2. Tiefe: (1) die Größe einer wissenschaftlichen Gruppe in jedem der unterschiedli-

chen Wissenschaftsfelder, (2) ‚Weite‘ an Expertise in jedem der Wissenschaftsfelder.

3. Differenzierung: (1) die Anzahl von biomedizinischen Abteilungen und anderen Einheiten, (2) Delegation der Entscheidung für die Personalaufnahme auf die Ebene von Abteilungen oder anderen Untereinheiten, (3) Verantwortung für extramurale Finanzmittel auf der Ebene von Abteilungen oder anderen Untereinheiten.
4. Hierarchische und bürokratische Koordination: (1) Standardisierung von Regeln und Abläufen, (2) zentrale budgetäre Kontrollen, (3) zentralisierte Entscheidungen über Forschungsprogramme, (4) zentralisierte Entscheidungen über die Personalanzahl.
5. Interdisziplinäre und integrierte Aktivitäten zwischen Laboratorien, Abteilungen und Unterabteilungen: (1) die Häufigkeit und die Intensität von Interaktionen, (2) Publikationen von Artikeln, (3) Vorhandensein von Zeitschriften-Räumen, (4) gemeinsame Mahlzeiten und Freizeitaktivitäten.
6. ‚Leadership‘, die Fähigkeit zur Integration wissenschaftlicher Vielfalt: (1) Strategische Vision zur Integration unterschiedlicher Gebiete wie auch für Schwerpunktthemen, (2) Fähigkeit zur Sicherung ausreichender finanzieller Mittel für diese Schwerpunkte, (3) Fähigkeit zur Rekrutierung eines hochqualifizierten, aber hinreichend diversen Personals, so daß die einzelnen Forschungsgruppen ständig über den momentanen Stand an signifikanten und potentiell lösbaren Problemfeldern informiert sind, (4) die Fähigkeit zu harter Kritik im Kontext einer innovationsfreundlichen, unterstützenden Umgebung.
7. Qualität: (1) Anteil von Wissenschaftlern an der landesweit angesehensten Wissenschaftsakademie, (2) Forschungsmittel pro Wissenschaftler.

Instituts-Sample und Daten

Die größere Studie, welche diesem Artikel zugrunde liegt, basiert auf der Untersuchung von 128 Forschungseinrichtungen in den USA: 28 Forschungsinstitute, in denen zwei oder mehr große Durchbrüche erzielt wurden und als Vergleichsgruppe 100 Einrichtungen, in denen eine oder gar keine große Entdeckung erzielt worden sind. Die Untersuchung widmete sich vier unterschiedlichen Typen von Forschungseinrichtungen, nämlich (1) Universitäten, (2) medizinischen Fakultäten, Spitälern oder Kliniken, (3) selbständigen Forschungsinstituten und (4) industriellen Forschungslaboratorien. Für nahezu zwei Dutzend dieser Forschungseinrichtungen wurden eigene Fallstudien erstellt, die auf ‚Expertengesprächen‘ und Tiefeninterviews gründeten. Die genaueren Details über den Sampling-Prozeß, der zur Auswahl von Forschungseinheiten ohne große Durchbrüche während des gesamten Untersuchungszeitraumes führte, werden an anderer Stelle beschrieben.⁹

⁹ Vgl. Rogers J. Hollingsworth u. Jerry Hage, *Organizational Characteristics which Facilitate*

Naturgemäß stehen viele Kriterien offen, wenn es um die Bewertung der ‚Performanz‘ oder der ‚Leistung‘ von Forschungseinrichtungen geht: ihre Produktivität, das ‚Ranking‘ in Zitationsindizes, das Volumen an Forschungsmitteln pro Wissenschaftler oder im Falle der amerikanischen Universitäten: die Anzahl von akademischen Graden oder die Qualität des Ausbildungsprogramms und des Lehrkörpers für graduierte Studenten. Unsere Untersuchung geht nicht davon aus, daß Forschungseinrichtungen ohne größere Durchbrüche als wissenschaftlich „mangelhaft“ oder „schlecht“ klassifiziert werden sollten. Eine solche Schlußfolgerung wäre allzu voreilig. Jedoch verlangt es der noch sehr fragmentarische und unterentwickelte Wissensstand über die organisatorischen Erfolgs- wie Mißerfolgskriterien für große wissenschaftliche Durchbrüche einfach, diese Form der Untersuchung voranzutreiben.

Die Daten stammen von vielen unterschiedlichen Quellen: von Interviews, Archivmaterialien, mündlichen Lebensgeschichten, Sekundärauswertungen veröffentlichter Materialien sowie wissenschaftlicher Literatur. Platzbeschränkungen haben allerdings dazu geführt, nur einen kleinen Teil der Datenquellen für dieses Forschungsprojekt eigens anzuführen.

Methodologie

In der weiteren Untersuchung wurden Instrumente der vergleichenden Forschung wie auch der Gesprächsanalyse verwendet. Da das primäre Forschungsziel darin liegt zu erklären, wie die organisatorischen Eigenschaften von Forschungseinrichtungen mit der Entstehung großer wissenschaftlicher Durchbrüche zusammenhängen, hat die vorliegende Untersuchung Institute mit mehreren größeren Durchbrüchen mit solchen Forschungseinrichtungen verglichen, in denen sich keine oder nur eine einzelne große Entdeckung ereignet hat. Gleichzeitig werden auch historische Untersuchungen als zusätzliche Quelle für vergleichende Analysen herangezogen. Mit dieser Methode wollen wir vor allem Forschungseinrichtungen in verschiedenen Etappen ihrer Geschichte vergleichen, indem wir sie vor und nach bedeutsamen strukturellen und kulturellen Veränderungen vergleichen, um die Konsequenzen solcher Veränderungen für das Gelingen und die Anzahl solcher Durchbrüche zu prüfen.

Trotz unserer Betonung struktureller und kultureller Bedingungen in Forschungsorganisationen mit oftmaligen großen Durchbrüchen ist es wichtig, die Tatsache nicht aus dem Auge zu verlieren, daß es nicht den einen und ausschließlich einen Weg gibt, auf dem Forschungseinrichtungen ihre große Durchbrüche erzielen. Vielmehr ist man mit einem Panorama von unterschiedlichen

Major Discoveries in the Biomedical Sciences, in: Proposal to National Science Foundation 1996.

Konfigurationen konfrontiert, in denen unterschiedliche Schlüsselfaktoren je nach Zeitpunkt, je nach Analyseniveau und je nach konkretem Typus von Forschungsorganisation (z. B. Universität, Forschungsinstitute) variieren.

Dieser Artikel stellt einen vorläufigen Bericht über jene Schlüsselmerkmale von Forschungseinrichtungen dar, welche ihr Fähigkeit für oftmalige große Durchbrüche wesentlich beeinflussen und bedingen. Wichtig an den strukturellen und organisatorischen ‚Settings‘, in denen sich solche großen Entdeckungen vollzogen, ist die Art, wie stark diese Forschungseinrichtungen auf diesen Schlüsselfaktoren ‚laden‘ und auch die Weise, wie diese Schlüsselfaktoren zusammenwirken. Was an den einzelnen Forschungsinstituten variiert, ist ihr Profil bei den einzelnen Schlüsselfaktoren wie auch die Art, in der diese Faktoren sich wechselseitig beeinflussen. Jene Forschungseinrichtungen mit immer wiederkehrenden großen Durchbrüchen besitzen ein ganz anderes Profil als die Konfiguration dieser Faktoren dort, wo spektakuläre Entdeckungen ein sehr seltenes Ereignis oder gar einen Non-Event darstellen.

Es gibt natürlich einige Variationen hinsichtlich der Zusammensetzung jener Schlüsselfaktoren, die mit spektakulären wissenschaftlichen Durchbrüchen in Zusammenhang gebracht werden: Einige erweisen sich als stärker erklärungsrelevant als andere. Aber das Ziel unserer Untersuchung besteht ja darin herauszufinden, welche dieser Schlüsselfaktoren am stärksten und am häufigsten bei der ‚Entstehung des Neuen‘ beteiligt sind. In jenen Organisationen, welche immer wieder als die konkreten Orte von großen wissenschaftlichen Durchbrüchen in Erscheinung getreten sind, stehen zwei Schlüsselbegriffe im Zentrum der Erklärung, nämlich einerseits ‚Interdisziplinarität und integrierte Kultur‘ und andererseits eine ‚innovationsfreundliche Führung‘.

Fallstudien: Das hochgradig integrierte kleine Forschungsinstitut

In diesem Artikel sollen eine Fallstudie in größerer Ausführlichkeit referiert und einige andere Fallstudien kurz gestreift werden. Die größere Fallstudie widmet sich dem *Rockefeller Institute/University*. Das Rockefeller-Institut gilt als der Ort mit den meisten größeren Durchbrüchen innerhalb der Biomedizin des zwanzigsten Jahrhunderts – es gibt keinen vergleichbaren anderen Platz auf der Welt mit einer ähnlichen Dichte an biomedizinischen ‚Basisinnovationen‘.

Das zentrale Ergebnis in der Fallstudie besteht darin, daß die großen Entdeckungen dort deswegen sehr häufig auftreten, weil sich in dieser Einrichtung ein hohes Ausmaß an Interdisziplinarität wie auch an ‚integrierten Programmen‘ zwischen sehr unterschiedlichen Disziplinfeldern etabliert hatte. Anders ausgedrückt war das Rockefeller Institut (wie auch ein ähnlich innovatives Institut, nämlich das *California Institute of Technology*) durch Forschungs-Settings

gekennzeichnet, in denen Wissenschaftler mit unterschiedlichen Perspektiven, disziplinären Hintergründen und Forschungsprogrammen häufig und intensiv miteinander in Kontakt standen. Darüber hinaus war die Führung dieser Forschungseinrichtung in hohem Ausmaß als ‚innovationsfreundlich‘ einzustufen, in denen sich Momente von Abschirmung und längerfristigen Perspektiven mit starken Standards und Kriterien für wissenschaftliche Kritik und Auseinandersetzung kombinierten. Die konkreten Formen, in denen sich solche ‚interdisziplinären‘ und ‚integrierten‘ Wissenschaftskulturen und innovationsfreundlichen Umgebungen ausdrücken, schwanken aber je nach organisatorischen Kontexten – und auch je nach Zeit.

Wir werden ausführliche Beispiele anführen, um mehr Anschaulichkeit in die bisher beschriebene analytische Struktur zu bringen und um die Bedeutung von Ausdrücken wie ‚interdisziplinäre‘ bzw. ‚integrierte Kultur‘, ‚Tiefe‘, etc. zu verdeutlichen und zu konkretisieren. Aus platztechnischen Gründen können die Organisationsstrukturen jener Forschungseinrichtungen, Laboratorien oder Abteilungen, in denen sich kaum oder keine spektakulären Durchbrüche ereigneten, im weiteren nur cursorisch gestreift werden, obschon einige Hinweise auf diese Vergleichsgruppe immer wieder wichtig dafür werden, den robusten Charakter des analytischen Designs wie auch seiner Ergebnisse zu verdeutlichen.

Die nun näher beschriebene Forschungseinrichtung, in der sich immer wieder große Entdeckungen, Erfindungen oder Durchbrüche ereigneten, weist folgende Werteverteilung bei den Schlüsselfaktoren auf: höhere bis hohe Werte im Bereich der ‚Vielfalt‘, geringe Werte bei der internen Differenzierung, eine Führung, welche sich auf die Integration wissenschaftlicher Viel- und Mannigfaltigkeit verstand, höhere bis hohe Werte an wissenschaftlicher ‚Tiefe‘, geringe Werte im Bereich der hierarchischen Koordination sowie wiederum hohe Werte bei der Qualität wie eben vor allem der ‚interdisziplinären‘ und ‚integrierten‘ Kultur.

Das Rockefeller Institut

In seinen frühen Jahren erwarb sich das Rockefeller-Institut einen herausragenden Ruf und zugleich eine Struktur, die immer wieder große Durchbrüche ermöglichte. Im Laufe der Zeit kam es zwar zu Veränderungen in der Organisation des Instituts, doch gelang es über die Zeit hinweg, den exzellenten Ruf und die Grundstruktur so zu konservieren, daß es seine Spitzenposition in der biomedizinischen Forschung erhalten konnte.

Ganz anders als das Koch-Institut in Berlin, das Pasteur-Institut in Paris oder Ehrlich Institut in Frankfurt, die alle um einzelne große Wissenschaftler und ihre jeweilige Forschungsrichtungen gegründet worden waren, setz-

te das Rockefeller-Institut von Anfang auf die Verschiedenheit und auf eine größere Anzahl an unterschiedlichen Disziplinen innerhalb der biomedizinischen Wissenschaften.¹⁰ Anstatt sich auf ein spezielles Gebiet wie Bakteriologie oder Immunologie zu spezialisieren, bestand das Institutsziel seit der Gründung darin, unterschiedliche Gebiete in der Biomedizin abzudecken. Frühe Institutsgründungen in der Biomedizin gruppierten sich vorrangig um den Bereich der Bakteriologie. Bakteriologie wurde am Rockefeller-Institut viel stärker mit Pathologie verknüpft und beide Felder wurden enger an Entdeckungen im Bereich der organischen und der physikalischen Chemie wie auch der Physik gebunden. Die Leitidee des Instituts bestand seit seiner Gründungsphase in einer breit ausgelegten Konzeption von biomedizinischen Wissenschaften. Die Konsequenzen aus dieser Grundentscheidung, auf die Weite und die Mannigfaltigkeit von biomedizinischen Disziplinen zu setzen, werden im weiteren detailliert erläutert.

In den ersten Jahrzehnten des zwanzigsten Jahrhunderts bestand nur eine relativ geringe ‚Vielfalt‘ oder ‚Weite‘ am Rockefeller Institut, was sich sowohl an der geringen Anzahl unterschiedlicher Forschungslaboratorien als auch in ihrer nur mittleren ‚Tiefe‘ niederschlug, weil in jedem dieser Labors nur wenige Leute arbeiteten. Aber selbst in dieser Konstellation legte der erste Direktor, Simon Flexner, großes Augenmerk auf den Prozeß der Personalrekrutierung, indem Wissenschaftler aus verschiedenen kulturellen und wissenschaftlichen Gebieten in das Institut integriert wurden. Und so traten denn auch Personen wie beispielsweise Carrell aus Frankreich, Landsteiner aus Österreich, Noguchi aus Japan, Levene aus Rußland sowie Meltzer und Loeb aus Deutschland ihren Weg zum Rockefeller-Institut an. Dieses Rekrutierungsmuster stellte sicher, daß sich am Rockefeller-Institut unterschiedliche Problemzugänge, unterschiedliche Denkstile und unterschiedliche Forschungsfelder zusammenfanden. Beinahe jeder dieser Wissenschaftler verkörperte in sich selbst eine Vielzahl an kulturellen und wissenschaftlichen ‚Stilen‘, welche nochmals die Möglichkeit für interdisziplinäre Vielfalt erhöhten. Generell hatte nahezu jeder der bedeutenden Wissenschaftler in der Geschichte des Rockefeller-Instituts eine hohe ‚interne Vielfalt‘ in seinem individuellen Forscherleben aufgebaut, was von vornherein eine gewisse ‚kognitive Nähe‘ oder ‚Familienähnlichkeit‘ zwischen jedem dieser disziplinären ‚Grenzgänger‘ herstellte. Von seinen frühesten Anfängen organisierte das Rockefeller-Institut – übrigens in deutlichem Kontrast zu den Universitäten – seine ‚Wissensproduktion‘ nicht entlang jener Grenzen, welche die Wissenschaftsdisziplinen nahelegten. Speziell in seinen organisatorischen Demarkationen erwies sich das Rockefeller-Institut als einzigartig, da in anderen Forschungseinrichtungen in der Regel die Wissensproduktion ‚disziplinär‘ organisiert war und normalerweise auch Personen mit

10 Vgl. George W. Corner, *A History of the Rockefeller Institute*, New York 1964; Rene J. Dubos, *The Professor, the Institute, and DNA*, New York 1976.

geringerer interner wissenschaftlicher oder kultureller Viel- und Mannigfaltigkeit rekrutiert wurden. Eine der herausragenden Qualitäten der Forschungsorganisation am Rockefeller-Institut lag aber gerade in seiner Praxis, nur jene Personen an sich zu binden, welche innerhalb einer großen Vielfalt an kulturellen, wissenschaftlichen und organisatorischen ‚Umgebungen‘ sozialisiert worden waren. Und gerade diese Einzelpersönlichkeiten mit einem hohen Grad an ‚internalisierter Vielfalt‘ wiesen denn auch ein vergleichsweise höheres Potential dafür auf, sich neue Denkstile und neue wissenschaftliche Kompetenzen anzueignen und damit noch mehr an ‚interner Vielfalt‘ aufzubauen. Kurz gesagt, das Rockefeller-Institut war von seinen frühesten Anfängen an ein Ort, wo Wissenschaftler in vielfältigen Disziplinen gleichzeitig lebten – und leben wollten. Wie Michael Gibbons und andere hervorheben,¹¹ werden innovative Leistungen im Wissenschaftssystem durch Kommunikationsprozesse ‚beschleunigt‘, die ihrerseits vom Grad der Mobilität abhängen. ‚Mobilität‘ bedeutet einen sehr gewichtigen Faktor als Vorbedingung dafür, daß sich neuartige ‚Hybrid-Ideen‘ formen. Das Rockefeller-Institut erwies sich im frühen zwanzigsten Jahrhundert als einzigartiger Platz dafür, Wissenschaftler aus den verschiedensten Teilen der Welt zu rekrutieren, die bereits durch eine Vielfalt an unterschiedlichen Stätten der Wissensproduktion und in mannigfaltigen disziplinären Umgebungen gewandert und so ‚bewandert‘ waren. Diese Rekrutierungspraxis produzierte eine Art von wissenschaftlicher Hybridbildung, die im Zeitablauf immer wieder zu neuen Ideen, Einfällen, Techniken, Instrumenten, Modellen, Heuristiken oder Prinzipien führte.

Eine Forschungseinrichtung vom Typus des Rockefeller-Instituts besaß eine Reihe von komparativen Vorteilen gegenüber den meisten akademischen Lehr-Organisationen. Die meisten wissenschaftlichen Lehrstätten wollen ihren Studenten ein Wissenschaftsgebiet in breiter Streuung vermitteln und finden es in der Regel unangemessen, ein spezielles Teilgebiet zu vernachlässigen. Aus diesem Grunde werden oftmals Personen berufen, die nicht wegen ihrer herausragenden Arbeiten, sondern wegen ihrer Spezialkenntnisse an eine Universität geholt werden. Ein Forschungsinstitut besitzt hingegen keine Verpflichtung, ein gesamtes Wissensgebiet vollständig abzudecken und es kann sich hochselektiv hinsichtlich seiner jeweiligen Schwerpunkte verhalten. Wenn es gewünscht wird, kann Rockefeller ganze Wissensfelder vernachlässigen oder neu beleben. In jedem Falle werden nur solche Wissenschaftler aufgenommen, welche als die weltweit höchstqualifizierten Personen betrachtet werden und deren Schwerpunktgebiete zudem in das Rockefeller-Profil passen. Auch besitzt ein Forschungsinstitut vom Schlage Rockefeller – und dies wiederum im Unterschied zu einschlägigen Lehrinrichtungen – die Flexibilität, schlagartig neue Wissensgebiete zu besetzen. Und weil Rockefeller nicht an die Lehre gebunden

11 Vgl. Michael Gibbons, u. a., *The New Production of Knowledge*, London 1994.

war, konnte sich das Institut den Luxus leisten, höchstqualifizierte Personen auch dann zu rekrutieren, wenn sie sich nicht einmal in der englischen Sprache hinreichend ausdrücken konnten.¹²

Natürlich besaß das Institut eine großzügige finanzielle Basis über die Stiftung durch John D. Rockefeller. Doch eine Reihe anderer Institute, die ungefähr zur selben Zeit ins Leben gerufen wurden, waren finanziell ebenfalls sehr gut ausgestattet: das *Phipps Institute* in Philadelphia, etabliert durch den Stahlmagnaten Henry Phipps, das *Memorial Institute* für ansteckende Krankheiten in Chicago, gegründet von Harold McCormick, einen Schwiegersohn von John D. Rockefeller, oder die *Carnegie Institution* in Washington unter der Schirmherrschaft von Andrew Carnegie. Man könnte diese Liste noch verlängern. Doch scheint ausreichend Geld eine notwendige, nicht aber eine hin- und ausreichende Bedingung für außerordentliche wissenschaftliche Leistungen darzustellen.

Eine der wichtigsten Bedingungen für eine Forschungseinrichtung, um langfristig das Gelingen großer wissenschaftlicher Durchbrüche sicherzustellen, liegt in der Qualität der Führung dieser Institute, im ‚Leadership‘. Dieser Schlüsselfaktor besitzt in der überkommenen organisationssoziologischen Literatur nur eine untergeordnete Bedeutung. Aber gerade bei seinen Direktoren und Präsidenten bemühte sich Rockefeller, immer wieder Persönlichkeiten zu finden, die sehr gut mit Wissenschaftlern zusammenarbeiten konnten und zudem die führenden Forscher auf dem Gebiet der Biomedizin persönlich kannten. Von den sieben Direktoren bzw. Präsidenten seit der Gründung von Rockefeller waren fünf direkt an großen biomedizinischen Entdeckungen beteiligt und die beiden ohne spektakuläre Durchbrüche (Detlev Bronk und Fred Seitz) waren herausragende Wissenschaftler, die beide auch zu Präsidenten der *National Academy of Sciences* gewählt wurden. Vier der sieben Rockefeller-Direktoren waren auch Nobel-Preisträger in Medizin beziehungsweise Physiologie.

Der erste Direktor, Simon Flexner, hinterließ ein unvergängliches Erbe. Denn es war Flexner, der den Plan entwickelte, daß ganz bestimmte Standards für die Leitung am Rockefeller-Institut gelten sollten. Rockefeller sollte von Wissenschaftlern geleitet werden, die erstens eine ‚strategische Vision‘ zur Integration unterschiedlicher Gebiete entwickelten und entsprechende Schwerpunktprogramme ausarbeiten konnten. Zweitens sollten die Leiter gleichermaßen die Fähigkeit zur „Konstruktion“ – die Schaffung einer geschützten wie innovationsfreundlichen Umgebung – und „Kritik“ – die Anwendung rigoroser wissenschaftlicher Evaluation – beherrschen. Drittens sollten sie in der Lage sein, ein hinreichend unterschiedliches und vielfältiges wissenschaftliches Personal zu rekrutieren, so daß die einzelnen Forschungsgruppen nicht nur über die jeweils ‚heißesten‘ Problemfelder und ihre prinzipiell möglichen Lösungs-

12 Vgl. Simon Flexner, *Medical Education. A Comparative Study*, New York 1925, sowie ders., *Universities. American, German, English*, Oxford 1930.

wege informiert waren, sondern auch die passende Umgebung dafür hatten, sich den neuen Herausforderungen direkt zu stellen und neue Forschungspfade auch tatsächlich zu erproben. Viertens mußten die Leiter in der Lage sein, eine hinreichende finanzielle Plattform für diese Art von ‚riskanter Forschung‘ aufzubauen und zu erhalten. Natürlich haben nicht alle weiteren Direktoren von Rockefeller diese Art von Führung praktiziert oder sind diesen Standards so gefolgt, wie sie von Flexner verkörpert worden sind. Aber nach diesen Idealen sind immerhin die weiteren Leiter sowohl innerhalb wie außerhalb dieser Forschungseinrichtung gemessen worden.

Flexner stand ein wissenschaftlicher Beirat zur Seite, der sich aus einigen der führenden biomedizinischen Forscher der Vereinigten Staaten zusammensetzte. Der erste Präsident des Beirates war William H. Welch von der medizinischen Fakultät von Johns Hopkins, der damals als die unbestrittene graue Eminenz in der medizinischen Forschung und Ausbildung galt. Dieser Beirat war verantwortlich für die Anstellung von Wissenschaftlern und für die strategische wie inhaltliche Positionierung der konkreten wissenschaftlichen Forschungsschwerpunkte. Der Direktor (Flexner) wurde von den wissenschaftlichen Beiräten ernannt und sollte zudem in einem engen Arbeitsverhältnis mit dem wissenschaftlichen Personal stehen. Weiterhin gab es einen Aufsichtsrat für die finanziellen Angelegenheiten und Obliegenheiten, doch der wissenschaftliche Beirat spielte eine essentielle Rolle, wann immer es galt, einen besonders herausragenden Wissenschaftler in das Institut einzubinden. Die äußerst angesehene Rolle des wissenschaftlichen Beirats erleichterte zusammen mit den besonderen Fertigkeiten des Direktors dieses exquisite und hochqualifizierte Auswahlverfahren. Diese Form der Selektion sollte bis zum Jahre 1953 dauern, bis sich das Institut zu einer kleinen Universität verwandelte und der wissenschaftliche Beirat mit dem Aufsichtsrat für Finanzen zu einem einzigen Aufsichtsrat zusammenschmolz. Von da an besaß Rockefeller nicht mehr jenes kleine Gremium an weltweit anerkannten Wissenschaftlern, welche die Letztentscheidung über Neuzugänge trafen. Die Qualität der Neubesetzungen seither, obschon noch immer als ‚erlesene Auswahl‘ vollzogen, erreicht doch nicht mehr jene hohen Standards wie sie bei einem so hochkarätig besetzten Gremium erreichbar gewesen wäre.

Am Institut selbst wurden die dauerhaft angestellten Forscher als „Mitglieder“ bezeichnet und besaßen eine zeitlich unbegrenzte Anstellung, welche der Stellung eines Professors im Rahmen einer amerikanischen Universität entsprach. Die nächste Stufe innerhalb der Rockefeller-Hierarchie trug den Titel eines „Assoziierten Mitglieds“ und war mit einer dreijährigen Anstellung verknüpft; die Verträge assoziierter Mitglieder konnten allerdings erneuert werden. Doch nach einer einmaligen Verlängerung entschied es sich in der Regel, ob assoziierte Mitglieder als normale und dauerhafte Mitglieder angestellt wur-

den oder das Institut wieder verlassen mußten. „Assoziierte Mitarbeiter“ wurden auf zwei Jahre angestellt, „Assistenten“ oder „Fellows“ für ein Jahr. Auch diesen Institutsangehörigen standen im Prinzip Vertragsverlängerungen offen; aber auch hier etablierte sich die Praxis, daß nach drei bis fünf Jahren diese Mitarbeiter entweder innerhalb des Instituts befördert wurden oder wieder ausscheiden mußten. Wie die Kaiser-Wilhelm- und Max-Planck-Institute, die später ein ähnliches Personalmanagement betrieben, war Rockefeller auf diese Weise auch damit beschäftigt, eine fortgeschrittene Ausbildung für eine kleine Elite an biomedizinischen Wissenschaftlern zu betreiben.

Der Rekrutierungsprozeß für die höchste Hierarchiestufe, nämlich für die Mitglieder des Instituts, war äußerst aufwendig gestaltet. Der wissenschaftliche Beirat übernahm eine wichtige Rolle, weltweit nach hervorragenden Wissenschaftlern auf dem Feld der Biomedizin zu suchen. Nicht alle Mitglieder wurden allerdings auf diese Weise gekürt. Zum Beispiel wurden im Jahre 1934 46 Prozent der permanenten Mitglieder von außen rekrutiert und 54 Prozent institutsintern bestellt. Und diese permanenten Mitglieder pflegten in der Regel am Institut zu bleiben. Aus diesem Kreis verließ nur Eugene Opie Mitte der dreißiger Jahre das Institut, doch selbst er kehrte später wieder dorthin zurück. Ein früherer Präsident von Rockefeller vertraute uns an, daß am Institut während der meisten Zeit seines Bestehens die ‚implizite Regel‘ galt, daß niemand als dauerhaftes Mitglied angestellt werden sollte, sofern nicht die starke Überzeugung bestand, daß diese Person einen Nobel-Preis gewinnen könnte.

Es ist aber nicht damit getan, als Schlüsselfaktoren über die oben ausgeführte ‚Leitungsphilosophie‘ zu verfügen, hervorragende Wissenschaftler zu rekrutieren, einen mittleren bis hohen Grad an wissenschaftlicher Vielfalt zu versammeln oder hinreichende finanzielle Ressourcen zu besitzen, um immer wieder zu spektakulären wissenschaftlichen Durchbrüchen vorzustoßen. Es müssen weitere wichtige Schlüsselfaktoren hinzutreten, die ebenfalls operativ wirksam werden. Wenn die wissenschaftliche Vielfalt sich in starken horizontalen Interaktionen untereinander äußern sollte, dann war es wichtig, daß das Institut nicht in viele akademische Abteilungen und Unterabteilungen separiert wurde, welche die Wissensproduktion fragmentierten. Die erforderliche Organisation mußte sich als weitgehend ‚integriert‘ erweisen, ein Kriterium, welches das Rockefeller-Institut in hohem Maße erfüllen sollte.

Erstens wurde niemals eine Differenzierung in einzelne wissenschaftliche Institute angestrebt. Zwar war in seinen Frühzeiten das Institut in einen Laborbereich und in die Klinik aufgeteilt. Diese Klinik war die erste in ihrer Art und diente vor allem als Labor für den Bereich der Humanbiologie und der Pathologie. Diese Klinik wies immer nur eine geringe Größe auf und besaß lediglich eine kleine Anzahl von Mitarbeitern mit nicht-klinischer Ausbildung. Im Laufe der Zeit sollten aber dennoch eine größere Zahl seiner dauerhaft an-

gestellten Wissenschaftler zu Mitgliedern der *National Academy of Sciences* avancieren. Bei Rockefeller war nämlich das Ideal einer ‚Dialektik‘ oder einer ‚Wechselbeziehung‘ zwischen klinischer Forschung und Grundlagenwissenschaften tatsächlich umgesetzt worden. Als markantes Beispiel kann auf Oswald Averys Entdeckung jener chemischen Substanz hingewiesen werden, welche für bakterielle Umwandlungen verantwortlich zeichnet. Dieser große Durchbruch, der auch einen markanten Wendepunkt von der medizinischen hin zur molekularen Mikrobiologie darstellt, wurde durch Forscher ermöglicht, die ihre Ausbildung im Bereich der Medizin erhielten und in der Rockefeller-Forschungsklinik arbeiteten. Ihre Art von Forschung, sofern sie sich auf das Verständnis biologischer Prozesse bezog, beeinflusste die medizinische Praxis nur auf indirekte Weise. Und doch führte sie zu einer der wichtigsten biologischen Entdeckungen im zwanzigsten Jahrhundert. Die Mitarbeiter aus den Laboratorien und aus dem Klinikbereich kamen nämlich täglich oftmals zusammen. Und in der Tat bestand ja das organisatorische Erfolgsgeheimnis von Rockefeller genau in der wissenschaftlichen ‚Integration‘ und in der Abwendung von einer Aufsplitterung in mehr und mehr ausdifferenzierte Forschungszweige.

Vielfalt und Tiefe innerhalb einer hochintegrierten Forschungseinrichtung besitzen ein inhärentes Potential dafür, die Problemsichten von Personen zu verändern oder vor schwerwiegenden Fehlern wie auch vor einer Beschäftigung mit trivialen Problemen zu schützen. Schließlich müssen sich Wissenschaftler, sollen ihnen große Durchbrüche gelingen, an ‚großen Problemen‘ erproben, die zumindest prinzipiell als lösbar erscheinen. Und je größer sich die Vielfalt und Tiefe einer Forschungsgruppe innerhalb einer insgesamt integrierten Struktur gestaltet, desto größer sollte auch die Wahrscheinlichkeit sein, daß sich Wissenschaftler nicht mit unproduktiven oder prinzipiell unlösbaren Fragestellungen herumschlagen. Häufige und intensive Interaktionen unter Forschern mit ähnlichen disziplinären Hintergründen und Heuristiken scheinen in der Regel nicht zu größeren Durchbrüchen zu führen.

Oswald Averys Karriere am Rockefeller Institut stellt im übrigen einen aufschlußreichen Einzelfall dar. Im Alter von 37 Jahren an das Rockefeller Institut berufen, hatte sich Avery bis zu diesem Zeitpunkt als ein höchst kompetenter Forscher auf mehreren Feldern hervorgetan, aber bislang wenig Kreativität und Originalität in seinen Arbeiten bewiesen. Einmal fest im ‚vielfältigen‘, ‚tiefen‘ und ‚integrierten‘ Rockefeller-Kontext verankert, begann sich Averys intellektuelles Potential immer deutlicher zu zeigen. Als er 1944 seinen mittlerweile klassischen Artikel mit MacLeod und McCarty über die DNA und ihre Transformationen veröffentlichte, hatte er persönlich die so heterogenen Felder von Bakteriologie, Immunologie, Chemie, Bio-Chemie und Genetik auf vielfältige Weise integriert. Unsere Arbeit an amerikanischen Forschungseinrichtungen legt es nahe, daß der Kontext, in den Wissenschaftler eingebettet sind,

ihre Leistung beeinflusst. Arbeiten Wissenschaftler in Umgebungen mit einer beträchtlichen Vielfalt und Tiefe sowie mit häufigen wie auch intensiven Kontakten mit Wissenschaftlern mit Komplementärinteressen, dann steigert das in der Regel die Qualität ihrer wissenschaftlichen Produktion. Es ist die Vielfalt an Disziplinen und Paradigmen, denen individuelle Forscher in häufigen und intensiven Auseinandersetzungen und Gesprächen ausgesetzt sind, welche die Tendenz, die ‚Propensität‘, zu revolutionären Umstrukturierungen und großen Durchbrüchen steigern und verstärken.

Die intellektuelle und soziale Integration wurde am Rockefeller Institut über eine Reihe von Maßnahmen und Vorkehrungen gewährleistet. Da wäre zunächst das qualitativ hochwertige Speiseangebot zu Mittag zu nennen, das auf Tischen serviert wurde, auf denen nicht mehr als acht Leute Platz fanden. Der Grund dafür lag darin, daß auf einem solchen Tisch – im Gegensatz zu größeren Arrangements – ein angeregtes Gespräch über ein einziges Thema zwischen allen Teilnehmern stattfinden konnte. Das gemeinsame Essen bei wissenschaftlichen Gesprächen über wichtige wissenschaftliche Themen stellte einen wichtigen Teil der ‚Rockefeller-Kultur‘ dar und war ein bedeutsames ‚Bindeglied‘, die vorhandene Vielfalt und Tiefe am Institut besser zu integrieren.

Und obschon die wissenschaftliche Vielfalt am Rockefeller-Institut ganz beträchtliche Dimensionen annahm, war es eine andere Art von Vielfalt als jene, die sich auf den ‚Colleges‘ von Oxford oder Cambridge manifestiert. Auch dort bildet das gemeinsame Essen ein wichtiges Element der universitären Kultur. Auf den britischen Colleges erstreckt sich aber die Vielfalt in ihrer größtmöglichen Ausdehnung und reicht von der Archäologie, von esoterischen Sprachen, von der Geschichte bis hin zur Mathematik, Physik, Biologie und so weiter. Bei so hoher Vielfalt wird es aber als Affront gewertet, wenn man zu Tisch ein Gespräch über die eigene Arbeit beginnen wollte, da viele der Anwesenden einer Diskussion nicht folgen könnten. Doch am Rockefeller Institut bedeutet Vielfalt immer nur das weite Land der Biologie – und es gehörte zur ‚Etikette‘, lebhaftige Mittagsgespräche über biomedizinische oder verwandte Wissensgebiete durchzuführen. Auf diese Weise stellte der Mittagstisch ein großartiges Lernexperiment dar, in dem Forscher intensive Diskussionen über neue Wege in der Biomedizin führen konnten – und auch führten.

Die Integration wurde aber auch durch wöchentliche Zusammenkünfte erleichtert, an denen jeder teilnehmen sollte und an denen ein oder mehrere Wissenschaftler über ihre laufenden Arbeiten berichteten. Es gab auch Nachmittagsstees, an denen die meisten Institutsmitglieder teilnahmen. Einer der wichtigsten Integrationspunkte stellte der ‚Zeitschriften-Club‘, speziell der ‚Klinik-Zeitschriften-Club‘ dar. Während eines akademischen Jahres traf sich dieser ‚Klinik-Zeitschriften-Club‘ einmal im Monat und es wurde ein ausgezeichnetes Essen serviert. Von jedem wurde die Teilnahme erwartet – und zudem die

Bereitschaft, einen Artikel von allgemeinerem Interesse außerhalb der eigenen Forschungsaktivitäten zu referieren. Niemand wußte im vorhinein, wer ausgewählt wird, einen solchen Vortrag vor dem ‚Zeitschriften-Club‘ zu halten. Warum sollten sich erstrangige Wissenschaftler einem solchen Ritual unterziehen Nun, sie taten dies vor allem im Bewußtsein, an einem ‚Welt-Institut‘ zu arbeiten und im Glauben, daß einer der Gründe ihres Erfolgs im wechselseitigen Lernen bestand. Auch diese Form der regelmäßigen Auseinandersetzung mit Bereichen, die für andere innerhalb des Instituts von Interesse sein könnten, stellte einen der Wege zur Ausweitung der intellektuellen Horizonte dar.

Das Beispiel von Oswald Avery dient dazu, einen anderen Aspekt in der ‚Rockefeller-Kultur‘ hervorzuheben, nämlich die Förderung von Ideen und von jungen Wissenschaftlern durch das Medium von Diskussionen und informellen Kontakten. Robert Olby hat Oswald Avery nicht als einen dominanten Teamleiter beschrieben,¹³ sondern als jemanden, der einen starken Einfluß auf jüngere Wissenschaftler durch häufige informelle Diskussionen in seinem Büro ausübte. Studiert man die Archive des Rockefeller-Instituts, dann kann man nicht umhin, die überragende Rolle von Simon Flexner aus den frühen Jahren des zwanzigsten Jahrhundert anzuerkennen, schon sehr früh eine Kultur der Förderung und Stimulierung junger Wissenschaftler etabliert zu haben. Einmal ins Leben gerufen und verankert, wurde dieses Merkmal weiterhin auch unter den anderen Direktoren bzw. Präsidenten kultiviert, wie dies speziell in den Aktivitäten von Oswald Avery, Detlev Bronk und Bloebel zum Ausdruck kam.

Und schließlich stellt auch noch die Umgebung von New York einen gewichtigen Vorteil des Rockefeller-Instituts dar. Vor den Tagen des Düsenjets war New York die natürliche Anlegestelle für Wissenschaftler jenseits des Atlantiks. Und fast selbstverständlich machten ausländische Forscher denn auch am Rockefeller-Institut Station. Sicher zählte keine andere biomedizinische Forschungseinrichtung in den Vereinigten Staaten so viele ausländische Wissenschaftler in ihren Reihen. Darüber hinaus war das Institut in einem der schönsten Stadtteile New Yorks angesiedelt. Nach dem Zweiten Weltkrieg gehörten das *New York Hospital*, das *Cornell University Medical College* sowie das *Sloan Kettering Institute for Cancer Research* zu seinen unmittelbaren Nachbarn. Es stand im Kern eines der weltweit größten Zentren in der biomedizinischen Forschung. Seine Umgebung verschaffte ihm zusätzlich die Möglichkeit, mit den allerneuesten Richtungen, Wegen und Ergebnissen biomedizinischer Forschung konfrontiert zu sein. Und wenn es auch als verhältnismäßig kleines Institut nicht die Mannigfaltigkeit an verschiedensten *Approaches* und Richtungen in der biomedizinischen Forschung durch seine Institutsangehörigen zu

13 Siehe Robert Olby, *The Protein Version of the Central Dogma*, in: *Genetics* 79 (1975), 3–27; ders., *The Path to the Double Helix*, Seattle 1979.

repräsentieren vermochte, so bot es doch eine Plattform dafür, daß im Grunde sämtliche führenden Forscher innerhalb der Biomedizin Rockefeller besuchten, um Darstellungen ihrer neuesten Arbeiten und Forschungen zu vermitteln. Verschieden lange Stipendien der *Rockefeller Foundation* an junge britische oder europäische Forscher brachten zudem die Creme de la Creme an jungen wissenschaftlichen Talenten nach New York.

Wegen seiner im wesentlichen gleichbleibenden Struktur und seiner tradierten Wissenschaftskultur stellt das Rockefeller-Institut/Universität noch immer eines der weltweit führenden Zentren im Bereich der biomedizinischen Forschung dar. Doch seit den 1950er Jahren steht es nicht mehr als dermaßen dominante und überragende Erscheinung in der biomedizinischen Landschaft wie es dies in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts tat. Der erste Grund dafür liegt darin, daß das Düsenflugzeug einen außerordentlich starken Effekt darauf ausübte, die führenden Stätten der biomedizinischen Forschung zu verschieben. Es war nicht mehr länger notwendig, an der Ostküste angesiedelt zu sein. Herausragende Wissenschaftler waren zunehmend bereit, sich auch im südlichen Kalifornien, in Palo Alto, in San Francisco, in Seattle oder in zahlreichen anderen Forschungsstätten quer über die Vereinigten Staaten niederzulassen. Darüber hinaus verlor Rockefeller zu jenem Zeitpunkt, als das *National Institute of Health* die biomedizinische Forschung in großem Maßstab zu finanzieren begann, seine besonderen finanziellen Vorteile. Keine größere private Forschungseinrichtung konnte ohne öffentliche Finanzierung auskommen, wollte sie wissenschaftlich in die allerersten Reihen vorstoßen oder diese Position beibehalten. Als Resultat von neuen Transport- und Verkehrsmöglichkeiten sowie von neuen Finanzierungsquellen war es Rockefeller nicht mehr möglich, seine dominante Position innerhalb der biomedizinischen Welt wie in früheren Zeiten ungebrochen aufrechtzuerhalten.

Auch die interne Struktur begann sich zu wandeln, eine Veränderung, die einige negative Effekte für seine langfristige Zukunft mit sich brachte, aber letztlich keine allzu starken Auswirkungen für seine Vorreiterrolle als *Center of Excellence* in der biomedizinischen Forschung bewirken sollte. Im Jahr 1953 berief das Institut Detlev Bronk, den Präsidenten der Johns-Hopkins-Universität, zu seinem neuen Direktor. Wie schon oben erwähnt, bestand der wichtigste Wechsel unter Bronks Führung darin, daß der wissenschaftliche Beirat aufgelöst wurde und der bisherige Aufsichtsrat zur alleinigen Kontrollinstanz des Instituts aufgewertet wurde. Ebenfalls unter Bronk's Führung verwandelte sich das Rockefeller-Institut zur einzigen reinen Graduierten-Universität innerhalb der Vereinigten Staaten. Auf diesem Gebiet wurde Rockefeller eine Ausnahmeerscheinung, da es keine formellen Kursprogramme gab, nur acht Lehrveranstaltungen angeboten wurden und keine davon verpflichtend war. Über lange Jahre wies Rockefeller mehr Lehrpersonal als Studenten auf, die sich als überaus be-

gab erwiesen und in dieser Umgebung ein hohes Maß an Selbstdisziplin an den Tag legten. Wegen ihrer kleinen Anzahl konnte den Studenten eine sehr umfassende und gründliche Ausbildung innerhalb einer innovationsfreundlichen wie auch sehr fördernden und anspornenden Umgebung angeboten werden.

Aber als Ergebnis der neuen Rolle der Organisation veränderte sich auch der Stellenwert der Institutsmitglieder. Wurden unter Bronk und seinem Nachfolger Seitz noch eine Reihe an hochkarätigen Forschern eingestellt, ging Rockefeller ohne seinen wissenschaftlichen Beirat dazu über, auch weniger herausragende Wissenschaftler in Dauerpositionen zu übernehmen. Einer der Gründe für diesen Wechsel hatte mit der zunehmenden Vielfalt innerhalb von Rockefeller zu tun. Mit der Zunahme an Größe wurde es für den Präsidenten zunehmend schwieriger, die individuellen Qualitäten jedes Wissenschaftlers einzuschätzen. Darüber hinaus stand Bronk selbst, der im übrigen als brillanter Universitätsverwalter mit einem ungewöhnlichen Charisma agierte, nicht mehr innerhalb der biomedizinischen Forschung, als er zum Direktor von Rockefeller ernannt wurde. Obwohl er als sehr geschätzter Bio-Physiker galt, hatte er sich schon seit langen Jahren auf die Universitäts-Administration verlegt. Zudem war sein Nachfolger, der prominente Physiker Fred Seitz, zwar als Präsident der *National Academy of Sciences* hervorgetreten, aber niemals als Biologe. Er kannte einfach die biomedizinische *community* nicht in jenem Ausmaß und jener Genauigkeit wie die ersten beiden Direktoren. Die Unterschiede im wissenschaftlichen Hintergrund von Bronk und Seitz schlugen sich auch in der Tatsache nieder, daß einige der dauerhaften Anstellungen zumindest eine Stufe unterhalb der Qualität jener Rekrutierungen ausfielen, die während der Jahre der ersten beiden Direktionen zum Standard zählten.

Noch wichtiger für die dauerhafte Fähigkeit der Rockefeller Universität, große Durchbrüche zu erzielen, erwiesen sich die leichten Anpassungen ihrer internen Struktur an die jeweils veränderten Rahmenbedingungen für Forschungsfinanzierungen. Als Mittel vom *National Institute of Health* verfügbar wurden, wuchsen mehrere der Laboratorien an Größe, wurden stärker nach innen gerichtet und damit auch in höherem Maße autonom. Das gemeinsame Mittagessen aller mit allen wurde nicht mehr gepflegt. Zu Beginn der 1970er Jahre gab es zu viele Forscher, zu viele postdoktorale Mitarbeiter und zu viele Studenten, um die Kommunikations- und Integrationsformen aus der Frühzeit aufrechtzuerhalten. Und so begannen die meisten Laboratorien, ihrerseits eigene Zeitschriften-Clubs zu eröffnen. Gleichzeitig sank die Teilnehmerzahl an den wöchentlichen wissenschaftlichen Vorträgen dramatisch. Diese beiden Anzeichen deuten klar darauf hin, daß dieselbe Form an horizontalen Kommunikationen und Kontakten nicht länger stattfand, wie sie für die erste Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts noch typisch gewesen war. Und doch, trotz des geringeren Grades an Integration, erweist sich Rockefeller noch immer als weitaus

weniger differenziert als jede andere amerikanische Universität. Allein die Tatsache, daß es keine eigenen Abteilungen oder Institute gibt und daß jedes Labor mit dem Abgang seines Leiters geschlossen wird, verschafft dieser Forschungseinrichtung ein außergewöhnliches Maß an Flexibilität und an Möglichkeiten, sich den Veränderungen im wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß anzupassen. Und es ist diese Flexibilität und Adaptivität, welche im Kern erklären, warum das Rockefeller Institut trotz seiner nur geringen Größe noch immer alle anderen biomedizinischen Forschungsstätten in den USA überragt. Auch heute besitzt dieses Institut einen höheren Anteil seiner Forscher an den Mitgliedern der *National Academy of Sciences* oder an *Howard Hughes*-Forschern als jede andere Forschungseinrichtung in den USA. Darüber hinaus wird auch die Pro-Kopf-Quote an Drittmitteln für biomedizinische Forschung durch das *National Institute of Health* von keiner anderen Forschungsorganisation in den Vereinigten Staaten erreicht oder übertroffen. Und Rockefeller stellt auch heute ein Forschungsinstitut dar, in dem immer wieder große wissenschaftliche Durchbrüche und spektakuläre biomedizinische Entdeckungen passieren.

Große Forschungseinrichtungen und ihre großen Probleme mit großen Durchbrüchen

Mit dem Zuwachs von Vielfalt und von Tiefe innerhalb von wissenschaftlichen Einrichtungen stellt sich fast wie von selbst eine Tendenz in Richtung von stärkerer Differenzierung und von weniger Integration ein. Diese Veränderungen werden oftmals von einer Zunahme an hierarchischer und bürokratischer Koordination begleitet, was sich insgesamt negativ auf das Zustandekommen großer Durchbrüche zu Buche schlägt. Strukturbrüche und Paradigmenwechsel innerhalb des biologischen oder des medizinischen Wissens ziehen markante Folgen für die Vielfalt und die Tiefe von Forschungseinrichtungen nach sich und machen sich vor allem in der Neugründung von Instituten oder Unterabteilungen bemerkbar, welche diese neuen und ‚heißen‘ biomedizinischen Felder abdecken, wollen diese Einrichtungen ein Image des Anachronismus oder des Traditionalismus vermeiden. Und so begannen beispielsweise Universitäten, Forschungsinstitute oder medizinische Fakultäten die Bio-Chemie zu inkorporieren, sobald sich dieses Feld auszuweiten begann. Genetik, Bio-Physik und verschiedene andere medizinische oder chirurgische Spezialisierungen klinkten sich mit der Zeit in medizinische Fakultäten und andere Forschungsorganisationen ein. Solche Ausweitungen gingen in der Regel mit der Rekrutierung mehrerer oder mitunter vieler neuer Wissenschaftler einher, um die erforderliche wissenschaftliche Tiefe auch sicherzustellen. Neue Generationen von Instrumenten und anderen Technologien brachten ebenfalls den Zuzug neuen wissenschaftlichen Personals mit sich. Aber der Zuwachs von Personal in neuen Spezialfeldern, die Zunahme

an Vielfalt mit der erforderlichen Streuung von Begabungen sowie die Steigerung der wissenschaftlichen Tiefe in jedem dieser Gebiete impliziert auch ein Größerwerden der einzelnen Forschungseinrichtungen. Das universelle Problem, das sich dabei stellt, liegt darin, wie Institute mit den beiden Phänomenen von ‚Wissensexpansion‘ und ‚Größenwachstum‘ umgehen. Lautet die Antwort der Forschungseinrichtungen, dem biomedizinischen Wissensfortschritt mittels Schaffung immer neuer Institute und Laboratorien und über mehr und mehr hierarchische wie bürokratische Kontrollen zu begegnen, dann führen solche Prozesse unweigerlich zu einem Rückgang an Integration und schmälern die Möglichkeit für neue große Entdeckungen oder fundamentale Perspektivenwechsel. Andererseits kann derselbe Prozeß durchaus dazu führen, daß diese großen Institute sehr produktiv werden, wenn man nur die Anzahl veröffentlichter wissenschaftlicher Artikel als Bezugspunkt heranzieht.

Beispiele von Forschungseinrichtungen, welche die Erkenntnisfortschritte in den biologischen und den medizinischen Wissenschaften über neue Institutsgründungen und über das Größenwachstum ‚eingefangen‘ haben, können an zahlreichen großen amerikanischen Forschungsuniversitäten wie zum Beispiel an den Universitäten von Illinois, California (Berkeley), Minnesota oder Michigan und an vielen medizinischen Fakultäten wie etwa an der *University of California* in Los Angeles, Yale oder an der *University of Pennsylvania* gefunden werden. Viele dieser Forschungsstätten schienen zu gewissen Zeiten nahezu prädestiniert dafür, als Ort großer biomedizinischer Durchbrüche in Erscheinung zu treten. Aber solche großen Entdeckungen stellten sich nicht ein, weder damals noch später. Es muß unbedingt betont werden, daß nach dem Zweiten Weltkrieg diese Universitäten und medizinischen Fakultäten über große Forschungsmittel verfügten, als sehr produktiv galten und eine große Anzahl an Wissenschaftlern in der *National Academy of Sciences* stellten. Aber trotz alledem besaßen sie nicht den geeigneten strukturellen und kulturellen Forschungskontext, der für große und spektakuläre Durchbrüche innerhalb der Biomedizin benötigt wird.

Man könnte nun zahlreiche Beispiele von Forschungseinrichtungen anführen, die auf der einen Seite ein hohes Ausmaß an Vielfalt und Tiefe besaßen und die andererseits weder hochgradig interdisziplinär oder wissenschaftlich integriert organisiert waren, sondern über ein hohes Ausmaß an innerer Differenzierung verfügten. Dieses Phänomen kam besonders klar in Form scharfer Grenzziehungen zwischen einzelnen Instituten zum Ausdruck. In diesem Zusammenhang stellt die *University of California* in Berkeley ein besonders markantes Beispiel dar. Berkeley bildet eine der weltweit führenden Universitäten und besitzt doch einen spektakulär unspektakulären Ruf, wenn man ihn an der Anzahl von großen Durchbrüchen im zwanzigsten Jahrhundert bemessen würde. Es stimmt zwar, daß sich in Berkeley eine Reihe von großen wissen-

schaftlichen Durchbrüchen innerhalb der Physik oder der Chemie ereigneten, aber die Entwicklung innerhalb der Biologie zeigt ein ganz anderes Bild. Zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts war Berkeley noch eine unter mehreren Stätten, an denen Jacques Loeb einige seiner bahnbrechenden Arbeiten unternahm. Und während der 1920er Jahre gelang Herbert M. Evans eine große Entdeckung in der Biologie. Aber über mehr als sechzig lange Jahre hat die wissenschaftliche *community* keine einzige biologische Arbeit aus Berkeley als große Entdeckung oder als spektakulären Durchbruch gefeiert oder klassifiziert. Ein gutes Stück der Erklärung liefert die Tatsache, daß sich die wissenschaftliche Vielfalt in Berkeley in zahlreichen fragmentierten Instituten niederschlug, die zudem weit über den Campus verstreut lagen.

Die Berkeley-Jahre des prominenten Genetikers Curt Stern machen viele dieser Probleme spürbar und deutlich. Stern verfügte über eine hervorragende Ausbildung an deutschen Universitäten, bevor er in den dreißiger Jahren in die Vereinigten Staaten emigrierte. Obwohl er ein Genetiker war, wurde er im *Department of Zoology* im *College of Arts and Sciences* angestellt, wogegen das Genetik-Institut in Berkeley im *College of Agriculture* residierte. Und immer, wenn Stern eine Lehrveranstaltung über Genetik halten wollte, entstanden darüber beträchtliche Spannungen und Streitigkeiten um das ‚Monopol der Lehre‘. Weil das Genetik-Institut im *College of Agriculture* beheimatet war, waren die dortigen Genetiker der Ansicht, daß es völlig unzulässig sei, wenn Mitglieder eines Instituts für Zoologie eine Genetik-Veranstaltung durchführen wollen, selbst wenn es sich dabei um Personen vom Profil Carl Sterns handelte. Stern war zu dieser Zeit bereits der herausragendste Genetiker am gesamten *Berkeley Campus* und ein Wissenschaftler von internationalem Format. Und obschon Stern als eine sehr kooperative, kollegiale und eine sehr offene Person galt, zeigen seine Jahre in Berkeley doch beispielhaft und deutlich, wie die herrschenden Strukturen der Biologie in Berkeley es für die dort tätigen Wissenschaftler erschwerten, miteinander häufig und intensiv über die verschiedenen Bereiche der Biologie in Kontakt zu treten oder zu interagieren – immerhin die Vorbedingungen dafür, wenn sich große Durchbrüche und spektakuläre Paradigmenverschiebungen ereignen sollen. In seinen kognitiven Innenstrukturen wies Stern ein hohes Maß an wissenschaftlicher Vielfalt auf – und genau diese kognitive Architektur Carl Sterns geriet in beträchtlichen Widerspruch zu den manifest fragmentierten und ausdifferenzierten Organisationsformen in Berkeley. Wegen dieser dauerhaften Diskrepanzen sollte Stern in Berkeley nie sein wissenschaftliches Potential verwirklichen können. Es muß an dieser Stelle erwähnt werden, daß in den späten 1980er und den frühen 1990er Jahren die *University of California* ihre allzu verteilte und zu stark differenzierte Grundstruktur innerhalb der Biologie als Qualitätsproblem erkannte. Und so wurde der gesamte Bereich der biologischen Wissenschaften restrukturiert und

in diesem Prozeß mehr als ein Dutzend Institute aufgelöst. Nach Jahren der Rekonfigurationen innerhalb der Biologie weist Berkeley heute ein weitaus ‚integrierteres‘ Biologie-Programm und eine Grundstruktur auf, welche ein hohes Potential für große Durchbrüche und Entdeckungen in der Zukunft birgt.

Differenzierung, Größe und Bürokratisierung stellen jene hauptsächlichsten Schlüsselfaktoren dar, welche speziell die organisatorische Flexibilität einengen und behindern. Die Wissenschaften und ihre Erkenntnisfortschritte sind durch überaus dynamische Prozesse charakterisiert. Und dies wiederum bedeutet, daß Forschungseinrichtungen, wollen sie sich diesen schnellen Veränderungen erfolgreich anpassen, über hochflexible Strukturen verfügen müssen. Genau diese Flexibilität in den Anpassungen an die kognitiven Umbrüche und Neustrukturierungen bildet das Potential, aus dem später die großen Entdeckungen werden. Ein Mangel an Flexibilität stellt das Grundproblem an den meisten medizinischen Fakultäten innerhalb der Vereinigten Staaten dar. Als eine große Anzahl dieser medizinischen Fakultäten gegründet wurde, wurden sie von den klinischen Wissenschaften dominiert, speziell von den Instituten für Medizin und für Chirurgie. Die meisten medizinischen Fakultäten wurden scharf zwischen klinische Wissenschaften und Grundlagenforschung getrennt. Aus diesem Grunde erwies es sich für die meisten dieser grundlagenorientierten Institute innerhalb der medizinischen Fakultäten als äußerst schwierig, jene Autonomie und organisatorische Umgebung zu erhalten, die für große Durchbrüche und herausragende Arbeiten notwendig ist. Obschon sich über die Jahre die medizinischen Fakultäten an den Universitäten von Michigan, Minnesota, Pennsylvania oder Wisconsin als sehr stark oder als qualitativ hochwertig innerhalb der klinischen Wissenschaften auswiesen, so haben sie doch im zwanzigsten Jahrhundert keine oder ganz wenige Spuren im Bereich der großen biomedizinischen Durchbrüche hinterlassen.

Die *University of Chicago* stellt den Fall einer sehr prestigeträchtigen Einrichtung dar, welche im Bereich der Chemie, der Physik, aber auch der Ökonomie große Beiträge zum Wissensfortschritt geliefert hat. Und doch zeigt sich der Beitrag dieser Universität innerhalb der Biomedizin von einer vernachlässigbaren Größe. Interessant wird der Fall der *University of Chicago* noch dadurch, daß sie von ihrer Grundstruktur her eigentlich große biomedizinische Durchbrüche hätte ermöglichen sollen. Und so zeigt das Beispiel von Chicago, daß neben einer passenden Organisation auch die dazugehörigen kognitiven oder biomedizinischen ‚Landkarten‘ stimmen müssen: ohne stimmige ‚kognitive Karten‘ keine spektakulären Entdeckungen. Die *University of Chicago* besitzt zwar im Unterschied etwa zum Rockefeller-Institut oder zu *Cal Tech* akademische Institute, doch im Gegensatz zu den meisten Forschungsuniversitäten sind die gesamten biomedizinischen Wissenschaften innerhalb einer Großabteilung für Biologie unter der Führung einer einzelnen Person zusammengefaßt. Anders

ausgedrückt, erweisen sich die biologischen Wissenschaften bei weitem nicht so fragmentiert und ausdifferenziert wie an den meisten großen Forschungsuniversitäten. Warum verzeichnete dann aber die *University of Chicago* längerfristig nicht mehr spektakuläre Durchbrüche in der Biomedizin? Die Antwort ist dreigeteilt, denn sie liegt (1) in unpassenden ‚kognitiven Landkarten‘, (2) in organisatorischen ‚Trägheiten‘ sowie (3) in der Dominanz von Einzelinteressen.

Die *University of Chicago* schuf schon in sehr frühen Zeiten ein starkes Programm für den Bereich der Biologie, doch im Unterschied zur Ausrichtung am *Cal Tech* besaß dieses Programm keine starke Grundlage in der Genetik. Es gab sogar starke Vorbehalte gegen jene Art der Genetik, wie sie von Morgan und seinem Team an der *Columbia University* und später am *Cal Tech* betrieben und weiterentwickelt wurde. Als Sewall Wright, der herausragende Populationsgenetiker, auf die Universität von Chicago berufen wurde, rief er eine Stiftung für Genetik ins Leben, die aber nicht so unmittelbar zur Entwicklung der Molekulargenetik beitrug wie das *Cal Tech*-Programm. Darüber hinaus fand Sewall Wright oder der Bereich der Genetik allgemein von den meisten seiner Biologie-Kollegen nicht die nötige Unterstützung.¹⁴ Doch als der Erkenntnisfortschritt in der Biomedizin sich immer stärker in Richtung Genetik hinbewegte, wies die Universität Chicago zwar eine große Anzahl beeindruckender Biologen auf, die aber allesamt einem Programm aus früheren Zeiten nachgingen. Aus diesem Grunde hatte Chicago bedeutende Schwierigkeiten, sich den neuen Gegebenheiten in der Genetik anzupassen und sich wieder in eine Führungsposition innerhalb der Biologie zu katapultieren. Es sollte aber noch schlimmer kommen. Als Frank Lillie, eine der unbestrittenen Leuchten innerhalb der seinerzeitigen Biologie, in den frühen dreißiger Jahren als Leiter der Biologischen Abteilung zurücktrat, kamen die biologischen Wissenschaften zunehmend unter die Dominanz von klinischen Forschern in der medizinischen Fakultät. Es fehlte plötzlich jede Leitung mit entsprechendem Sensorium für die weitere Dynamik in der Biomedizin. Und mit der zunehmenden Unterordnung der Biologie unter die klinischen Wissenschaften waren auch keine Anreize mehr gegeben, mehr Integration oder mehr an Interdisziplinarität in die biologische Grundlagenforschung zu bringen.

Strategien für große Forschungseinrichtungen für ein ‚gekoppeltes Wachstum‘ von Vielfalt und Tiefe einerseits und wissenschaftlicher Integration andererseits

Eine weitere Gruppe von Ergebnissen unserer Studie befaßt sich mit verschiedenen Strategien für Großforschungseinrichtungen, mehr an Vielfalt und Tiefe zu erreichen, ohne sich notwendigerweise in mehr Abteilungen aufzuspalten.

14 Vgl. William B. Provine, *Sewall Wright and Evolutionary Biology*, Chicago 1986.

Da immer wieder der Zusammenhang und Kreislauf von Größenwachstum, Differenzierung in mehr Abteilungen, erhöhte hierarchische und bürokratische Koordination sowie weniger soziale Integration und damit weniger an großen Durchbrüchen betont wurde, liegt das hauptsächliche Problem darin, wie große Forschungseinrichtungen auf neue Wissensfelder mit einer Zunahme an wissenschaftlicher Vielfalt und Tiefe, aber nicht an Größe reagieren können. Wir haben eine Reihe von interessanten Strategien gefunden, welche einzelne Forschungseinrichtungen einschlagen, von denen einige näher vorgestellt werden sollen: (1) eine Führung mit dem klaren Ziel, die Größe konstant zu halten und mehr Wissenschaftler mit wissenschaftlicher beziehungsweise disziplinärer Vielfalt zu rekrutieren, (2) der Aufbau eines speziellen Forschungsprogramms oder einer speziellen Abteilung innerhalb der biomedizinischen Wissenschaften, welche starke Anforderungen an die interdisziplinäre Zusammensetzung und an die erfolgreiche Integration stellen und damit zu einer interdisziplinären und integrierten Wissenschaftskultur führen, (3) die Schaffung eines kleinen interdisziplinären Forschungsinstituts innerhalb einer hoch differenzierten Forschungseinrichtung.

Die erste Strategie in Richtung von mehr Vielfalt bei konstanter Größe wurde durch eine Reihe von privaten Forschungsuniversitäten eingeschlagen. Einige Universitäten, welche als Stätten großer Durchbrüche seit dem Zweiten Weltkrieg in Erscheinung traten, kontrollierten effektiv ihr Größenwachstum. Ein wichtiges Beispiel wäre *Cal Tech*. Aber in Universitäten mit einer klaren Institutsstruktur erweist sich diese Aufgabe als weitaus schwieriger, weil wissenschaftliche Institute die Tendenz haben, sich vor allem erweitert selbst zu reproduzieren. Universitäts-Institute, welche Tiefe und Vielfalt innerhalb ihrer wissenschaftlichen Disziplin erhöhen wollen, versuchen in der Regel, neues Personal zu rekrutieren und damit größtmäßig zuzunehmen.

Ein interessantes Gegenbeispiel wird durch Harvard markiert, wo eine der Hauptaufgaben des Universitätspräsidenten seit den Tagen von James Conant darin besteht, ein ad hoc-Komitee an herausragenden Wissenschaftlern zusammenzustellen, um jede dauerhafte Anstellung in der Fakultät für *Arts and Sciences* zu evaluieren und zu genehmigen. Diese ad hoc-Komitees haben sich vielfach gegen die Beurteilung durch die jeweiligen Universitätsinstitute gestellt, indem sie immer wieder ein massives Veto gegen eine dauerhafte Anstellung einlegten, die von den jeweiligen Instituten befürwortet worden waren. Dieser Prozeß, gegen die geschlossene Reproduktion von Instituten vorzugehen, hat im Gegenzug die Vielfalt erhöht und hat auf diese Weise die Flexibilität von Harvard gesteigert, sich auf die neuen wissenschaftlichen Herausforderungen einzustellen. Auf diese Weise hat Harvard einen gewichtigen komparativen Vorteil gegenüber anderen Universitäten erlangt.

Mit seiner Strategie schaffte es Harvard, langfristig hochqualifizierte Wis-

senschaftler auf dauerhafte Positionen zu setzen, welche auch dauerhaft an vorderster Front stehen. Wegen ihres hohen Status innerhalb von Harvard und der wissenschaftlichen Welt im allgemeinen gelang es den Harvard-Biologen in periodischen Abständen, sich in neue Abteilungen oder Institute zu rekonfigurieren. Über diese Flexibilität zur Schaffung neuer Institute vermochte es Harvard, sich den Strukturveränderungen und der Dynamik des wissenschaftlichen Fortschritts anzupassen. Ohne seine sehr strengen ad hoc-Komitees hätten die einzelnen Institute wesentlich höhere Chancen besessen, sich ‚geschlossen‘ zu reproduzieren, die biologischen Institute und Abteilungen wären wissenschaftlich entlang konservativerer Pfade gewandelt und hätten sich damit vielfältige Chancen und Potentiale versperrt, sich dem schnellen Tempo wissenschaftlicher Revolutionen strukturell anzupassen.

Eine zweite Strategie besteht darin, entweder ein integriertes Programm aufzubauen, welches Aspekte der Vielfalt, Tiefe und der Integration in den Vordergrund rückt oder den Prozeß zunehmender Differenzierung dadurch aufzuhalten, daß innerhalb der einzelnen Institute dieselben Ziele verfolgt werden. Zwei Illustrationen dieser Strategien sind das Biologie-Institut am MIT und die Grundlagenwissenschaften an der *University of California* in San Francisco, beide die gegenwärtig führenden Forschungseinrichtungen in den Vereinigten Staaten, wenn nicht überhaupt der ganzen Welt.

Ein dramatisches Beispiel, wie sich eine medizinische Fakultät zu transformieren vermag, liefert die Restrukturierung des Bio-Chemie-Instituts an der *University of California* in San Francisco, das in den 1960er Jahren primär durch seine Unauffälligkeit auffiel. Gegen Ende der 1960er Jahre rekrutierte die Universität einen neuen Institutsleiter, nämlich Bill Rutter von der University of Washington, und einen Stellvertreter, Gordon Tompkins, um das Bio-Chemie-Institut zu leiten. Sie änderten sofort den Institutsnamen in ein „Institut für Bio-Chemie und Bio-Physik“ und führten eine eigene Abteilung für Genetik ein. Rein von den Bereichen her vollzog sich ein hoher Anstieg an wissenschaftlicher Vielfalt. Rutter und Tompkins lösten das Problem von wissenschaftlicher Vielfalt und Integration, indem sie ‚polyvalente‘ Personen rekrutierten, die sich durch Spezialisierungen in mehreren Feldern auszeichneten und die zudem die Gabe besaßen, mit anderen Personen oder Teams gut zusammenarbeiten zu können. Diese Rekrutierungspraxis führte geradewegs dazu, die Vielfalt von Perspektiven zu erhöhen und auch Kommunikationsprozesse quer über unterschiedliche Disziplinen zu erleichtern. Und da dieses neue Institut mit den anderen Grundlagen-Instituten kooperierte, wurde der Begriff des eigenständigen Instituts selbst fragwürdig. Langsam verschwanden denn auch die Instituts- oder Abteilungsgrenzen innerhalb der dortigen Grundlagenforschung. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß sich an der UCSF innerhalb einer Periode von nur zwanzig Jahren gleich mehrere spek-

takuläre Durchbrüche ereigneten. Die „große Vision“ von Bill Rutter, Harold Varmus, Michael Bishop, Bruce Alberts, Stanley Prusiner und anderen war ein direkter Angriff auf die ‚Departmentalisierung‘, die sich in den meisten amerikanischen medizinischen Fakultäten, aber auch an den meisten amerikanischen Universitäten breitmachte. Die Strategie der medizinischen Fakultät an der UCSF zur Organisation ihrer Grundlagenforschung sollte zu einem beneideten *best practice*-Fall avancieren, den andere medizinischen Fakultäten noch immer zu imitieren versuchen.

Ein weiteres Beispiel für eine fundamentale Umwandlung stellt das Biologie-Institut am MIT dar, das vor den 1960er Jahren so durch Mittelmäßigkeit glänzte, daß es Gefahr lief, von der Universitätsverwaltung überhaupt geschlossen zu werden. Doch die Ernennung von Salvatore Luria zum MIT-Professor brachte einen grundlegenden Wandel in den bisherigen Strategien mit sich. Denn Luria schloß sich schnell mit Boris Magasanik, der aus der medizinischen Fakultät von Harvard bestellt wurde, zu einem Team zusammen, und dieses neue Team begann sofort, ein neues integriertes Programm für die Ausbildung von College-Studenten zu entwickeln. Dieses Programm erwies sich als so erfolgreich, daß mehr und mehr Studenten sich dafür entschieden – und dieser meßbare Erfolg führte seinerseits dazu, mehr Lehrpersonal aufzunehmen. In diesem Prozeß wurden dann zwei riskante strategische Entscheidungen getroffen. Erstens sollte der gesamte Bereich der Biologie über ein einziges Institut repräsentiert werden; und zweitens sollte dieses Institut nur solche hochrangigen Wissenschaftler aufnehmen, die erwiesenermaßen über hohe Kommunikations- und Interaktionskompetenzen verfügen. Und obschon zwei Forschungsinstitute, das *Whitehead Institute* und ein Krebsforschungsinstitut, in den nächsten Jahren an das Biologie-Department angebunden wurden, ist die grundsätzliche Strategie beibehalten worden. Weniger als sechzig Mitglieder sollten nach den bisherigen Rekrutierungskriterien die MIT-Biologie vorantreiben. Anders ausgedrückt, die MIT-Biologie wurde nicht in zahlreiche Institute unterteilt und aufgespalten. Und als bemerkenswert fällt auch auf, daß die Integration im Falle von MIT über ein integriertes Ausbildungsprogramm für College-Studenten vollzogen wurde, an dem aber viele Institutsmitglieder teilnahmen. Die Erfolgsgeschichte am MIT verdient auch deswegen Beachtung, weil normalerweise die Lehre als Barriere oder Hindernis für ein erstklassiges Forschungsprogramm wahrgenommen wird. Innerhalb nur kurzer Zeit avancierte aber das MIT ‚lehrinduziert‘ zu einem Zentrum, an dem sich gleich eine Reihe von großen biomedizinischen Durchbrüchen ereignete. Heute weist allein dieses Institut vier Nobel-Preisträger aus – und der mittlerweile verstorbene Salvatore Luria war der fünfte Preisträger dieser Einrichtung.

Eine dritte Strategie resultiert schließlich aus der Möglichkeit, ein kleines interdisziplinäres Forschungsinstitut oder ein ‚Zentrum‘ im Umkreis einer

Universität oder einer medizinischen Fakultät zu etablieren. Dieses Institut sollte großteils unabhängig agieren können und sollte vor allem auf den Dimensionen von ‚Vielfalt‘, ‚Tiefe‘, ‚Integration‘ hoch rangieren. Eine sehr große Forschungsuniversität, die *University of Wisconsin*, folgte mit der Etablierung eines *Enzyme Institute* und des *McArdle Cancer*-Instituts dieser Strategie sehr erfolgreich über mehrere Jahrzehnte hinweg. Beide waren kleine Institute, die es gestatteten, Forschung in einer grenzüberschreitenden, problemzentrierten Weise zu betreiben und auch die benötigten Infrastrukturen zu offerieren, damit Mitglieder aus sehr unterschiedlichen Disziplinen, die im übrigen voll auf diesen Instituten angestellt waren, intensiv und häufig zusammentreffen konnten. Wiederum wird der Hinweis wichtig, daß seit dem Jahre 1960 gleich mehrere große Entdeckungen an diesen beiden Instituten, nicht aber an den angestammten Instituten an der *University of Wisconsin* erreicht worden sind.

Die schiere Existenz eines interdisziplinären Instituts kann naturgemäß die großen Entdeckungen und Durchbrüche nicht garantieren. In diesem Zusammenhang wird das *McArdle Cancer Institute* von besonderem Interesse, und zwar hinsichtlich seiner Leitung durch seinen langjährigen Direktor Harold Rausch. Obschon er selbst nicht als herausragender Wissenschaftler in Erscheinung trat, besaß Rausch ein außerordentliches Gespür für ‚kommende Richtungen‘ innerhalb der Wissenschaften, für singuläre wissenschaftliche Begabungen, für die Akquisition ausreichender Drittmittel für die Forschung und schließlich für die Schaffung einer zwar sehr kritischen und qualitätsbetonten, aber trotz alledem innovationsfreundlichen Arbeitsatmosphäre. Der Karriereweg von Howard Temin am *McArdle Cancer Institute* mag dafür als beispielhaft gelten. Für beinahe zehn Jahre nach seiner Ankunft in Madison im Jahre 1959 wurde Temin von prominenten Wissenschaftlern quer durch die USA sehr heftig dafür kritisiert, einen völlig falschen Weg einzuschlagen. Aber Rausch hielt seine schützende Hand über Temin und unterstützte seine Arbeit weiterhin. Hätte sich der vielgeschmähte Temin in einem Institut auf einer der großen staatlichen Universitäten aufgehalten, wäre ihm wahrscheinlich eine Dauerstellung verwehrt worden. In den Jahren 1969 und 1970 veröffentlichte Temin einige klassisch gewordene Arbeiten auf dem Gebiet der Erforschung von Retroviren, die bald darauf in der Verleihung eines Nobel-Preises für Medizin beziehungsweise Physiologie mündeten. Die Führungsrolle von Harold Rausch erwies sich als wichtig nicht nur im Fall von Howard Temin, sondern auch für andere Wissenschaftler innerhalb der McArdle-Laboratorien, die große Durchbrüche während seiner Direktionszeit verzeichneten.

Die medizinische Fakultät der *University of Washington* in Seattle stellt ein interessantes Beispiel dar, wie es unter geeigneten Umständen möglich wird, eine neue Fakultät aufzubauen, die sich entlang der vordersten Linien der Forschung bewegt. Als die *University of Washington* ihre neue Fakultät kurz nach

dem Ende des Zweiten Weltkriegs begründete, stellte sich für sie das Problem der ‚organisatorischen Trägheit‘ noch nicht, das in der Regel die etablierte Forschungseinrichtungen in Mitleidenschaft zieht. Zur Gründungsphase der medizinischen Fakultät an der *University of Washington* waren die meisten medizinischen Fakultäten von Ärzten dominiert, die nur ein geringes Interesse für die Forschung entwickelten, was im übrigen auch einer der Hauptgründe dafür war, warum medizinische Fakultäten in so geringem Ausmaß durch eigene Forschungsleistungen auffielen. Doch die medizinische Fakultät an der *University of Washington* besaß während ihrer ersten Startjahre kein eigenes Spital, und so mußten sich schon sach- wie gelegenheitsgedrungen die ersten Fakultätsmitglieder auf die Forschung verlegen. Darüber hinaus verfügte die medizinische Fakultät über eine herausragende Leitung in der Person von Edward Turner, der sowohl im Bereich der Lehre als auch der Forschung eine ‚Kultur der Exzellenz‘ verankern wollte. Die meisten der Institutslehrstühle sowohl in den Grundlagen- als auch in den klinischen Wissenschaften waren mit ausgezeichneten Personen besetzt, die über ihre jeweiligen Fachgrenzen hinweg sehr kooperativ interagierten. Diese Wissenschaftskultur von konkurrierenden, aber auch kooperativen Instituten mit einer starken wechselseitigen Verpflichtung auf herausragende Forschung quer über die einzelnen Disziplinen hat bis zum heutigen Tag überdauert. Und da die Entwicklung der medizinischen Fakultät an der *University of Washington* hin zu einer allseits respektierten Einrichtung sich zur selben Zeit vollzog wie die Ausweitung der Forschungsmittel durch das *National Institute for Health* (NIH), stellte sich auch eine enge Verbindung zwischen der Fakultät und dem NIH her. Weil Washington eine relativ junge und forschungsorientierte Fakultät war und wenige Verantwortungen im klinischen Sektor aufwies, konnte sich ein enger Konnex zwischen den einzelnen NIH-Komitees und der medizinischen Fakultät herausbilden, der die Grundlage für die zahlreichen Aufträge für die forschungsorientierte Fakultät bildete. Bemerkenswert ist auch, daß sich eine größere Anzahl an spektakulären Durchbrüchen innerhalb der Biomedizin gerade in diesem *setting* vollzog. Darüber hinaus lassen sich auch zahlreiche Indikatoren dafür finden, daß die biomedizinischen Wissenschaften an der *University of Washington* zu einem typischen *Center of Excellence* avanciert sind. Seit mindestens fünfzehn Jahren findet sich die medizinische Fakultät unter den ersten drei Forschungseinrichtungen innerhalb der Vereinigten Staaten mit den höchsten Forschungsaufträgen vom *National Institute of Health*. Und heute beherbergt diese Forschungseinrichtung gleich vier Nobel-Preisträger, wogegen sie im Jahr 1950 nur ein einziges Mitglied der in die *National Academy of Sciences* gebracht hatte. Gegenwärtig weist sie gleich mehrere Dutzende Mitglieder der Akademie auf.

Warum Forschungseinrichtungen und nicht Netzwerke

Da Wissenschaftler ihre Kooperationen zunehmend in Netzwerken ausführen, die sich über mehrere Forschungseinrichtungen erstrecken, liegt die Frage nahe, warum die Aufmerksamkeit ausgerechnet auf das Innenleben solcher Institute gerichtet werden soll. Zwar stimmt es trivialerweise, daß praktisch alle Wissenschaftler in Netzwerke eingebunden sind, welche über das angestammte Institut hinausgehen. Doch in unserer Untersuchung von großen biomedizinischen Durchbrüchen im zwanzigsten Jahrhundert erfolgten nur einer oder zwei als direktes Resultat einer Netzwerk-Kooperation. Unsere Analysen von großen Durchbrüchen in Europa und den Vereinigten Staaten zeigen im allgemeinen, daß für das Gelingen großer Entdeckungen im Kooperationsverbund folgende Voraussetzungen gegeben sein mußten: eine intensive und häufige Interaktion zwischen den beteiligten Wissenschaftlern, disziplinäre Vielfalt der daran beteiligten Personen, kleine Gruppen. Denn aus der Vielfalt resultieren Spannungen, die sich in ‚kreativen Synthesen‘ äußern können. Und zudem muß diese Interaktion intensiv und häufig sein, etwas, das sich normalerweise nur im Falle von gemeinsamen Orten der Begegnung aufrechterhalten läßt.

Man könnte auch auf Ausnahmen zu den soeben aufgestellten Verallgemeinerungen hinweisen, doch reproduzieren selbst diese Ausnahmen das bisher erläuterte Grundmuster. Eine mögliche Ausnahme, die sich aufdrängt, könnten die Arbeiten von Delbrück, Luria und Hershey sein, von Wissenschaftlern also, die mit Anstellungen in verschiedenen Forschungseinrichtungen gemeinsam mit dem Nobel-Preis für Physiologie beziehungsweise Medizin im Jahre 1968 prämiert wurden. Gerade diese Wissenschaftlergruppe zeichnete sich aber durch sehr häufige und intensive Kontakte am *Cold Spring Harbor Laboratory* aus, wo sie sich jahraus und jahrein zu gemeinsamer wissenschaftlicher Arbeit trafen.¹⁵ Die meisten ihrer spektakulären Arbeiten entstanden, gerade weil sie sich an einem einzelnen konkreten Platz treffen konnten.

Unsere Studie zeigt, daß äußerst prominente biomedizinische Wissenschaftler, beispielsweise Mitglieder der *National Academy of Sciences*, die aber nie persönlich an spektakulären wissenschaftlichen Durchbrüchen beteiligt waren, in Netzwerken engagiert waren, die gerade nicht diese häufigen und intensiven interdisziplinären Gesprächsrunden und Diskussionen vor Ort ermöglichten. Netzwerke können sich ja in zweierlei Richtungen ausbreiten; einmal in Richtung des Einschlusses von mehr und mehr Wissenschaftsdisziplinen und einmal in Richtung der Integration von weiteren Forschungseinrichtungen in-

¹⁵ Vgl. N. Mullins, *The Development of a Scientific Specialty. The Phage Group and the Origins of Molecular Biology*, in: *Minerva* 10 (1972); E. P. Fischer u. C. Lipson, *Thinking About Science. Max Delbrück and the Origins of Molecular Biology*, New York 1988; S. E. Luria, *A Slot Machine. A Broken Test Tube*, New York 1984.

nerhalb desselben disziplinären Bereiches. Es scheint, daß hoch-produktive und sehr angesehene biomedizinische Wissenschaftler ohne große und nachhaltige Durchbrüche stärker in disziplinären Netzwerken engagiert waren und mit mehreren Kollegen außerhalb des eigenen Instituts, aber innerhalb ihres eigenen disziplinären Wirkungskreises zusammenarbeiteten.

Es stimmt zwar, daß viele besonders produktive und herausragende Biologen zunehmend mehr an interdisziplinärer Arbeit mit Wissenschaftlern in anderen Forschungseinrichtungen verbringen. Gleichzeitig muß diese interdisziplinäre Arbeit, will sie als großer Durchbruch gelingen, von jener Art sein, wo die einzelnen Wissenschaftler Gelegenheit zu häufigen und intensiven Kontakten und zum Meinungsaustausch innerhalb ein und desselben Ortes haben. Diese Art der Zusammenarbeit findet zudem selten in großen Forschungseinrichtungen statt, die sich in der Regel durch stark akzentuierte disziplinäre und institutsspezifische Grenzziehungen auszeichnen. Eine Analyse von entsprechenden Daten aus der *Science Policy Research Unit* an der *University of Sussex* und dem *Institute of Scientific Information* in Philadelphia unterstützen unsere Ergebnisse hinsichtlich dieser Trends.¹⁶

Zusammenfassungen

Forschungseinrichtungen mit immer wiederkehrenden großen wissenschaftlichen Durchbrüchen haben sich im Lauf der Analyse als jene herausgestellt, in denen sich ein hohes Ausmaß an Interaktionen von Wissenschaftlern aus sehr unterschiedlichen Gebieten vollzieht. Und gerade weil die biomedizinischen Felder im Lauf der Jahre zunehmend komplexer wurden, müssen sich innovative Forschungsorganisationen in diesem Bereich darauf einstellen, immer wieder neue Wissensfelder mit der notwendigen ‚Tiefe‘ zu inkorporieren sowie darauf zu achten, daß Wissenschaftler intensiv und häufig in wechselseitigen Kontakt und Austausch treten. Zudem bedarf es besonderer Vorsicht, daß die Einführung von mehr Wissensvielfalt und -tiefe mit einem hinreichendem Ausmaß von Integration dieser neuen Elemente einhergeht und nicht zu geschlossenen Ausdifferenzierungen führt. Denn sonst stellen sich nicht die erforderlichen häufigen wie intensiven horizontalen Interaktions- und Kommunikationsbeziehungen ein, die ja als Grundbedingungen für größere Durchbrüche oder nachhaltige Entdeckungen firmieren.

Forschungsorganisationen mit einer größeren Anzahl von radikalen Durchbrüchen wiesen eine besondere Art der Führung auf. Genauer handelte es sich

¹⁶ So D. Hicks u. J. S. Katz, *Science Policy for a Highly Collaborative Science System*, in: *Science and Public Policy* 23 (1996), 39–44; sowie J. S. Katz u. a., *The Changing Shape of British Science*, Brighton 1995.

um Leiter, welche (1) eine strategische „große Vision“ zur Integration unterschiedlicher Gebiete besaßen sowie eine Konzentration auf spezielle Forschungsprobleme vornehmen konnten; (2) eine Fähigkeit zur Akquisition von Forschungsgeldern hatten; (3) das Talent für eine Personalrekrutierung quer über heterogene Problemfelder aufwiesen, so daß die einzelnen Forschungsgruppen über den momentanen Stand an wichtigen oder ‚heißen‘ Problemfeldern sowie über die Möglichkeiten der Problemlösungen und Machbarkeiten informiert waren; (4) die Balance zwischen rigoroser wissenschaftlicher Kritik innerhalb einer ‚innovationsfreundlichen‘ Umgebung herstellen konnten. ‚Innovationsfreundlich‘ wird hier als ‚Mix‘ zweier unterschiedlicher Tätigkeiten verstanden: Auf der einen Seite stehen klare Evaluationen und Review-Prozesse der wissenschaftlichen Arbeiten innerhalb der einzelnen Forschungsgruppen, auf der anderen Seite finden sich Merkmale wie Stimulierung neuer Ideen und Arbeitsbedingungen, ein ‚sozial verträgliches‘ Klima, u. a.

Das Ausmaß an disziplinärer Verschiedenheit wie auch der Grad an ‚Wissenschaftstiefe‘ innerhalb einer gut integrierten Forschungsgruppe sorgen in der Regel für veränderte Problemperspektiven und verhindern auf diese Weise, daß gravierende Fehleinschätzungen passieren oder daß an trivialen Problemen gearbeitet wird. Letztlich bedarf es als Grundvoraussetzung für große Durchbrüche, daß Wissenschaftler an signifikanten Problemen werken, die sich im Prinzip als ‚lösbar‘ herausstellen. Und je höher sich das Ausmaß an kognitiver Vielfalt und wissenschaftlicher Tiefe darstellt, desto höher sollte auch die Wahrscheinlichkeit dafür sein, daß Wissenschaftler nicht in insignifikanten oder unlösbaren Arealen verweilen. Wenn Wissenschaftler in *settings* mit großer Vielfalt, Tiefe und mit vielfältigen horizontalen Interaktionsmöglichkeiten mit anderen, ‚komplementären‘ Forschergruppen arbeiten können, dann steigt auch die Wahrscheinlichkeit, daß sich die Qualität der Arbeiten verbessert und wechselseitig steigert. Und genau in diesem permanenten ‚Ausgesetztsein‘ gegenüber anderen Disziplinen und Paradigmen sollten sich die kreativen Lösungen entfalten und die Chancen für große Durchbrüche zunehmen. Forschung in einer interdisziplinären Umgebung an sich, ohne intensive und oftmalige Interaktionen zwischen den einzelnen Forschern und Forschergruppen, führt in der Regel zu keinen neuartigen Perspektiven und damit auch zu keinen großen Durchbrüchen oder nachhaltigen Entdeckungen.

Veränderungen des biologischen oder des medizinischen Wissens bringen vielfältige Konsequenzen und Herausforderungen für die Vielfalt und die Tiefe von Forschungsorganisationen mit sich. Diese müssen sich ihrerseits an diese Veränderungen in Form neuer Schwerpunkte anpassen, wollen sie am kognitiven Puls der Zeit bleiben. Mit der Wissensexpansion treten immer neue Disziplinen, Sub-Disziplinen und weiterführende Spezialisierungen in Erscheinung – und damit entsteht auch Druck auf die einzelnen Forschungseinrichtungen, sich

diesen neuen Gebieten mit den passenden Schwerpunkten, Personen und kognitiven Tiefen anzunehmen. Auch führen neue Formen der Instrumentierung wie die Einführung von technologischen Systemen in der Regel zu zusätzlichem Personalaufwand. Aber die Aufnahme von neuen Personen, Talenten und der erforderlichen kognitiven Tiefe haben fast unausweichlich Vergrößerungen im Mitarbeiterstab solcher Forschungseinrichtungen zur Folge.

Zuwächse an kognitiver Weite und Tiefe, wenn sie nicht entsprechend organisiert und integriert werden, können letztlich die Potentiale von Forschungseinrichtungen für große Durchbrüche begrenzen. Es scheint eine natürliche Tendenz dafür zu geben, daß Wachstum an Disziplinen und kognitiver Tiefe zu mehr Differenzierung und zur Desintegration führt. Zudem erweisen sich diese Veränderungen oftmals von hierarchischen Koordinationen und Bürokratisierungsprozessen begleitet, welche ihrerseits einen negativen Impact für die Möglichkeit großer Durchbrüche und nachhaltiger Entdeckungen ausüben.

Mit der zunehmenden Differenzierung von Forschungseinrichtungen in immer mehr Abteilungen und Unterabteilungen werden auch im Laufe der Zeit die Rekrutierung neuen Personals wie auch die Anwerbung zusätzlicher Forschungsmittel an die unteren Ebenen delegiert. Und weil akademischen Einrichtungen eine konservative Grundtendenz innewohnt, werden auch stärker Personen aufgenommen, welche eingefahrene Denkgewohnheiten reproduzieren und fortsetzen. Aus diesem Grund übt die Differenzierung einen tendenziell bremsenden Einfluß auf das Überschreiten disziplinärer Grenzziehungen und auf den Prozeß der wissenschaftlichen Integration aus, die sich ja gerade als so wichtig für die Entstehung großer wissenschaftlicher Durchbrüche herausgestellt haben.

Konkret bedeuten die Zuwächse an Institutsgröße sowie die Dezentralisierung von Entscheidungen über Forschungsschwerpunkte und Personal auf die Ebenen von einzelnen Abteilungen auch die Herausbildung von mehr bürokratischen Abläufen und Budgetkontrollen. Mit der Formalisierung der internen Prozesse von Forschungseinrichtungen wie auch mit dem Anwachsen an struktureller Differenzierung nehmen auch die Häufigkeit und die Intensität der Beziehungen zwischen einzelnen Abteilungen und damit auch die soziale Integration ab. Damit kann zur bestehenden theoretischen Literatur zum Thema Organisationsdifferenzierung eine neue Einsicht hinzugefügt werden, wonach Größenwachstum zu Differenzierungen und damit zu einer geringeren Anzahl an größeren Durchbrüchen im Feld der biomedizinischen Wissenschaften führt.

Zum Schluß möchten wir noch eine Frage aufwerfen, die erst in einer weiteren Stufe dieses Forschungsprojekts aufgenommen und untersucht werden wird, nämlich die Beziehungen zwischen der Forschungsorganisation und den konkreten *settings* von Forschungslaboratorien/Abteilungen einerseits mit den psychologischen wie kognitiven Aspekten von Kreativität auf der anderen Sei-

te. Das Problem, wie sich individuelle Faktoren mit den Merkmalen von Forschungsorganisationen binden und zusammenfügen, kann an dieser Stelle nicht mehr thematisiert werden. Einige der bisherigen Befunde legen es aber nahe, daß die besonderen Qualifikationen und Merkmale der einzelnen Forscher im Zusammenspiel und im ‚Konzert‘ mit der Forschungsorganisation untersucht werden müssen, wenn ein verbessertes Verständnis der Entstehungsgeschichte großer Durchbrüche erreicht werden soll. Organisatorische Eigenheiten stellen ein *setting* her, innerhalb dessen individuelle Charakteristika zur bestmöglichen Entfaltung gebracht werden können. Forschungsorganisationen mit ganz besonderen Eigenschaften ziehen häufig Forscher mit besonderen und komplementären Merkmalen an. Diese Wechselbeziehung führt unter anderem dazu, daß diese individuellen Merkmale, um eine Analogie in die Welt der Flora herzustellen, zu ‚wachsen‘, zu ‚blühen‘ und zu ‚gedeihen‘ beginnen. Die genauen Details zu diesen ‚Komplementärbeziehungen‘ von Forscher/innen und Organisationen warten aber noch, als zukünftiger ‚großer Durchbruch über große Durchbrüche‘, in den weiteren Etappen dieses Forschungsprojekts auf ihre ‚Entdeckung‘ – oder ihre ‚Erfindung‘.