

Innovation als chaotischer Prozess

Unter Innovation soll hier der Akt oder Prozess der Entdeckung, Erfindung oder Konstruktion von bisher Unbekanntem verstanden werden. Die Reaktionen des Umfeldes, also die Diffusion der entsprechenden Information, die Rezeption oder Nichtrezeption, die Durchsetzung oder das Scheitern am Markt, mögliche Widerstände und Transformationen sind in unserer Terminologie nachgelagerte Aspekte des Innovationsprozesses, die man analytisch und sachlich vom Akt der Erfindung oder Entdeckung trennen kann. Koppelt man beides, dann macht man den Terminus „gescheiterte Innovation“ zu einem Oxymoron. Es kann nur das rezipiert und wirksam werden, was in einem primären Akt der Erfindung oder Entdeckung als potentiell Agens von Veränderungen in die Welt gekommen ist. Doch unzweifelhaft gibt es wissens- und wissenschaftssoziologisch hochinteressante Fälle, in denen Entdeckungen oder Innovationen unbeachtet geblieben sind oder sich nicht durchsetzen konnten. Dies lenkt den Blick auf zwei strategisch zentrale Phasen und Aspekte des Innovationsprozesses:

1. auf die Art und Weise, wie der Prozess der Entdeckung oder Erfindung abläuft, sowie auf die Bedingungen, unter denen Innovationen und Entdeckungen dieses oder jenes Typs mehr oder weniger häufig geschehen;
2. auf die Determinanten des Rezeptions- und Durchsetzungsprozesses als Voraussetzungen dafür, dass Innovationen oder Entdeckungen in der Welt wirksam werden.

Es ist plausibel anzunehmen, dass zumindest die „Initialzündung“ in Phase 1 unabhängig von Phase 2 ist und dass der Prozess der Rezeption nur auf der Grundlage einer bereits vorliegenden Neuerung einsetzen kann.¹ Wir werden sehen, dass es sowohl im einen wie im anderen Bereich chaotische Strukturen gibt.

„Innovation“ verwende ich weiterhin als wertneutralen Begriff. Innovationen können bedeutend oder unbedeutend, verwerflich oder moralisch, nützlich oder unnützlich und in jedem vorstellbaren Sinn gut oder schlecht sein. Anders gesagt, Innovation ist

1 PR-Luftnummern von Wissenschaftsvermarktern wie die „zerstörungsfreie“ (und damit ethisch „korrekte“) Klonierung embryonaler Stammzellen lassen wir hier außer acht. Wenn die Adressaten diesen Behauptungen Glauben schenken (schenken müssen?), weil der nichtökonomisierte Teil der Wissenschaft von der gegenwärtigen Wissenschaftspolitik systematisch austrocknet wird, kann die Unterscheidung zwischen echten Innovationen und Scheininnovationen allerdings schwierig werden. Eine nur noch von ökonomischen und PR-Motiven getragene „show-bizz science“ wäre dann ein würdiges Analogon zu den Pseudo-Dokumentationsendungen, die als „scripted reality shows“ bei einigen Privatsendern seit Jahren mit offenbar großem Erfolg laufen.

unabhängig von konkretem Fall und Kontext weder ein positiv noch ein negativ besetzter Begriff. Die Mini-Atombombe ist ebenso eine Innovation wie das Gehirnimplantat zur Behandlung der Parkinson-Krankheit, das neue Schnittmuster für die nächste Frühjahrscollektion eines Modedesigners ebenso wie der Nachweis von Gravitationswellen.

Man sollte vielleicht daran erinnern, dass eine positive Wertschätzung von Neuerungen keineswegs selbstverständlich ist. Im Mittelalter war „Neuerer“ eher ein Schimpfwort, das den Vorwurf der Ketzerei beinhaltete, als eine Auszeichnung und in der Renaissance meinte man mit Neuerung vor allem Erneuerung, also eine Rückwendung zu den griechischen Wurzeln oder eine Wiederentdeckung von Verlorengegläubtem. Das gilt selbst für die religiösen Reformatoren. Noch Kopernikus rechtfertigte seine neue Theorie durch Rückgriff auf antike Autoritäten. Erst bei Francis Bacon im frühen 17. Jahrhundert wird das Erfinden von noch nie Dagewesenem zu einem Kennzeichen einer zukünftigen Gesellschaft – Bacons *New Atlantis*, eine Staatsutopie, in der wir bereits alle Elemente einer Wissenschaftsgesellschaft finden. Es dauerte aber noch bis ins 18. Jahrhundert, bis die positiven Konnotationen des Begriffs Innovation überwogen. Das erste wirkliche Jahrhundert der Innovation – des „Fortschritts“ – war das neunzehnte (im sogenannten Abendland und in den technisch und wissenschaftlich gebildeten Schichten). Von da an fürchtete man nicht mehr die Neuerungssucht, sondern die Stagnation, die zuvor als Problem gar nicht existierte.

Innovationen gibt es in allen Bereichen des Lebens: in Kunst und Kultur, in Sprache und Alltag, in Politik und Ökonomie, in Wissenschaft und Technik. Wenn *wir* hier von Innovation reden, meinen wir zumeist die beiden letzten Bereiche. Dennoch gibt es selbst in dieser Beschränkung eine unerwartete Typenvielfalt von Innovationen und Entdeckungen. Jeder dieser Typen, aber auch jeder Einzelfall innerhalb der Typen, weist Besonderheiten, spezifische Bedingungen und Konstellationen auf, die für das Ergebnis und für seine Nachwirkung wesentlich waren. Versuchen wir zunächst, das Gelände provisorisch abzustecken. Welche Arten und Typen von Innovationen finden wir in den für uns interessanten Bereichen?² Versuchen wir eine vorläufige Klassifikation, eine Phänomenologie des Neuen. Wir beobachten:

Unerwartete neue Phänomene:

- Monde bei anderen Planeten (Jupiter) (Galilei)
- Neue Sterne/Novae
- Elektromagnetischer Effekt (Hans-Christian Oersted)
- X-Strahlen (Wilhelm Conrad Röntgen)
- Radioaktivität (Henri Becquerel)
- Supraleitung (Heike Kamerlingh Onnes)

2 Beispiele für das, was man in der Wirtschaft unter Innovationen versteht, nämlich attraktive und verkaufsfähige Produktneuerungen, findet man in der „Wirtschaftswoche“ 4(2005), S. 75ff und 51(2004), S. 60ff.

- Kernspaltung (Otto Hahn, Fritz Straßmann, Lise Meitner, Otto R. Frisch)
- Kosmische Hintergrundstrahlung (Arno Penzias und Robert Wilson)
- Kosmische Rotverschiebung/Hubble-Gesetz (Edwin Hubble)
- Beschleunigte Ausdehnung des Universums (Saul Perlmutter, Brian Schmidt)

Unerwartete neue Substanzen:

- Penicillin (Alexander Fleming, Howard Florey und Ernst Chain)
- Teer-/Anilinfarben
- Synthetische Materialien/Kunststoffe
- Hochtemperatur-Supraleiter (Johannes Georg Bednorz & Karl Alexander Müller)
- Buckminsterfullerene (Harry Kroto, Jim Heath, Sean O'Brien)

Neue Instrumente, die neue Welten erschließen:

- Galileis Teleskop – Hubble – VLT (Cerro Paranal)
- Radioteleskop, Infrarot-Teleskop, Röntgenteleskop, etc.
- Lichtmikroskop – Elektronenmikroskop – Rastertunnelmikroskop – Rasterkraftmikroskop
- Tiefseetauchboote: „Alvin“, Black Smokers und eine neue Sicht des Lebens
- Supermikroskope für die Erforschung der Unendlichkeit: Elementarteilchenbeschleuniger

Schlüsselerfindungen der Technik:

- Unterseeboot (Wilhelm Ludwig Bauer)
- Dampfmaschine (Denis Papin, James Watt, Robert Fulton)
- Verbrennungsmotoren (Rudolf Diesel, Nikolaus Otto)
- Fluggeräte (Leonardo da Vinci, Otto Lilienthal, Gustav Weißkopf, Wilbur und Orwell Wright)
- Dynamo
- Telefon (Philipp Reis, nacherfunden von Graham Bell)
- Schreibmaschine (Peter Mitterhofer)
- Transistor (William B. Shockley, John Bardeen, Walter H. Brattain)
- Integrierte Schaltkreise
- Glasfaseroptik

Systeminnovationen:

- Elektrifizierung der Städte (Beleuchtung, Haushaltsgeräte, elektrische Straßenbahn, etc.)
- Eisenbahn
- Automobil und Verkehrsinfrastruktur
- Stahl- und Stahlbetonbau
- Fließbandproduktion
- Vollautomatisierte Fertigung mit Industrierobotern

Hypothetische Konstrukte, die zu (temporären) "Tatsachen" wurden:

- Das Atom als kleines Planetensystem (Ernest Rutherford, Niels Bohr)
- Die Entdeckung des Moleküls des Lebens: Die Doppel-Helix (James D. Watson und Francis Crick, Rosalind Franklin)
- Das "Unbewußte" (Sigmund Freud)
- Extrasolare Planeten
- Die Entdeckung der Schöpfungszeitpunkts: Urknall und kosmische Expansion (Georges H. Lemaitre, Herbert Friedman, Edwin P. Hubble etc.)
- Schwarze Löcher (Albert Einstein, John A. Wheeler, Stephen W. Hawking)
- Das Neutrino (Wolfgang Pauli)

Neue Gedankenwelten, die die Welt auf neue Weise interpretieren:

- Die Welt als Prozeß (Alfred North Whitehead)
- Selbstorganisationstheorie (Ilya Prigogine)
- Chaostheorie (Benoit Mandelbrot, Mitchell Feigenbaum)
- Zelluläre Automaten (Stephen Wolfram)

Theoretische Neuerungen:

- Universelle Gravitation (Johannes Kepler, Isaac Newton)
- Evolutionstheorie (Charles Darwin, Alfred Russell Wallace)
- Periodensystem der Elemente (Lothar Meyer, Dimitri Iwanowitsch Mendeleev)
- Quantentheorie (Max Planck, Niels Bohr, Werner Heisenberg)
- Spezielle und allgemeine Relativitätstheorie (Hendrik A. Lorentz, Henri Poincaré, Albert Einstein)
- Kybernetik (Norbert Wiener)

Mathematische Innovationen und Entdeckungen

- Inkommensurabilität (Hippasos)
- Klassische Geometrie (Euklid, Apollonius)
- Differential- und Integralrechnung (Isaac Newton, Wilhelm Gottfried Leibniz)
- Nichteuklidische Geometrie (Georg F. B. Riemann, Janos Bolyai, Nikolai I. Lobatschewsky)
- Gruppentheorie
- Gödels Unvollständigkeitssatz
- Fermat-Satz
- Poincaré-Vermutung
- String-Theorie

Methodische Innovationen

- Mathematisierung
- Axiomatisierung
- Ökonomieprinzip, („Ockham's razor“)
- Kontrolliertes Experiment

- Falsifikationsprinzip
- Statistische Verfahren
- Renormalisierung
- Matrizen
- Operatoren

Jahrtausenderfindungen, die zu Ordnungsfaktoren der Gesellschaft werden:

- Buchdruck (Johannes Gutenberg)
- Rundfunk und Fernsehen (Paul Nipkow, John L. Baird, Wladimir K. Zworykin)
- Computer und Programmiersprachen (Wilhelm Schickard, Blaise Pascal, Wilhelm Gottfried Leibniz, Charles Babbage, Hermann Hollerith, Konrad Zuse, Alan Turing, John P. Eckert und John W. Mauchly)
- Internet und GPS (Tim Berners Lee)
- Biotechnologie

Epochale Entwicklungen:

- Die Erfindung der Philosophie (nur?) bei den Griechen?
- Die wissenschaftliche Revolution des 17. Jahrhunderts
- Die Informations- und Kontrollrevolution im 20. Jahrhundert.

Innovationen, ihre Voraussetzungen und Bedingungen, ihre Rezeption und ihre Folgen, gehören zum Kern der westlichen Kultur. Der materielle Reichtum der Industrienationen beruht zum großen Teil auf den Innovationen, die in ihre Produkte einfließen – Innovationen, die ihnen zugleich auch Machtmittel zur Verfügung stellen, mit denen sie ihre Wettbewerbsposition weiter verbessern können. In einer schwieriger werdenden Lage war es deshalb nicht verwunderlich, dass die Politik in Deutschland das Feld der Innovation als Objekt ihres Handelns entdeckt und eine „Innovationsoffensive für Deutschland“ ausgerufen hat.

Doch die gewünschten Innovationen erhält man nicht auf einen entsprechenden Appell hin. Man erhält sie auch nicht automatisch, wenn man Ingenieuren oder Forschern einen Entwicklungsauftrag erteilt. Oder wenn man eine Kommission oder eine Stabsstelle für Innovationsmanagement einrichtet und ihr die Aufgabe zuweist, sich etwas Neues auszudenken und es mit den Firmenzielen abzustimmen. Auf diese Weise produziert man – wie es in einem Artikel von Marcus Kottmann und Bernd Kriegesmann in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung vom 31. Januar 2005 heißt – „Ersatzhandlungen für echte Innovationen“, man erzeugt Aktivismus, aber keine echten Innovationen.

Keine der Basisinnovationen, die die Geschichte der Wissenschaften, der Technik und der Kultur bestimmt haben, wurde je auf der Grundlage eines genauen Planes, eines begutachteten Forschungsprojektes oder einer zielgerichteten staatlichen Forschungsinitiative geschaffen: Schießpulver, Buchdruck, Dampfmaschine, elektrische Induktion und Dynamo, Düngemittel, Verbrennungsmaschinen, Automobil, Flugzeug, Funk, Telefon, Radio, Fernseher, Computer, Transistor, Integrierter Schalt-

kreis, Internet – mit den jeweils erforderlichen Grundlagen wie Thermodynamik, Theorie des Elektromagnetismus, Aerodynamik, Festkörperphysik, Kybernetik.

Innovationen dieses Kalibers sind offenbar nicht planbar und auch mit hohem materiellen Einsatz nicht zu erzwingen. Die Atombombe ist kein Gegenbeispiel. Sie war die technologische Umsetzung bereits vorhandener Grundlagenkenntnisse. Dies war keineswegs trivial, sondern erforderte die Lösung sehr schwieriger technischer Probleme – technische Innovationen³ – an denen das Programm durchaus hätte scheitern können. Dennoch! Wo die Grundlagen fehlen, nutzen auch die größten staatlichen Programme nichts. Beispiele für intendierte Großinnovationen, die an fehlendem theoretischen Grundlagenwissen scheiterten, sind Japans implodierte „Fünfte Computergeneration“ der achtziger Jahre und Amerikas gescheiterter „Krieg gegen den Krebs“ in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Innovationen können auch an technischen Problemen scheitern. Im Falle des Fusionsreaktors, des flächendeckenden Einsatzes von Supraleitern, einer praxistauglichen Methode zur Speicherung und Nutzung der im Prinzip in der Umwelt hinreichend vorhandenen Wärme- und Bewegungsenergie zur Deckung des Grundenergiebedarfs, ist das Prinzipienwissen vorhanden, aber die technische Umsetzung erweist sich als äußerst schwierig. Selbst wenn Grundlagenkenntnisse geschaffen und die Probleme der technischen Umsetzung gelöst sind, ist der Erfolg einer Innovation keineswegs garantiert. Auch am ungünstigen Rezeptionsmilieu kann die Innovation noch scheitern. So verweigerte sich die Gesellschaft in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts dem technischen Versprechen einer unerschöpflichen Energie auf der Basis der Nukleartechnologie, vom nukleargetriebenen Auto bis zum Minireaktor im Keller des Einfamilienhauses.

Ungeachtet aller Widrigkeiten und Pannen erfolgen Innovationen andauernd und in großer Zahl. Die Patentstatistik belegt es.⁴ Jedes neue Automodell enthält gegenüber dem Vorgängermodell Dutzende von Neuerungen: neuer Kühlergrill, veränderter Türgriff, verbesserte Getriebeautomatik, stabilere Fahrgastzelle, LCD-Beleuchtung, Datenprojektion auf die Windschutzscheibe, Infrarot-Kamera, schnelleres ABS, akustische Einparkhilfe, adaptives Kurvenlicht, Abstandsradar, Einparkhilfe, Partikelfilter, usw. All dies sind Innovationen, weil zumindest die Zusammenstellung der Komponenten neu ist. Aber nur selten gibt es dabei etwas wirklich Überraschendes (wie etwa die elektromagnetische Steuerung der Federung von Amar G. Bose⁵, die man aber bisher in keinem Auto finden kann, obwohl sie alle Federungs- und Komfortprobleme auf einen Schlag lösen würde). Ähnliches gilt für andere Produkte. Vieles ist Kosmetik oder Imagepflege, und nicht jede Innovation erhöht den

3 Etwa die technische Umsetzung der Implosionsidee und die Abtrennung von U^{235} in hinreichender Reinheit und Menge.

4 Dabei sollte man sich allerdings nicht von Zahlen täuschen lassen. Vgl. Heusinger, R. v., Trug der kleinen Zahl. – In: DIE ZEIT vom 28.7.1995, Nr. 31, S. 18; Tekath, M., Ramsch-Lawine. – In: DIE ZEIT vom 30.12.2004, Nr. 1.

5 Vgl. Thomas E. Schmidt, Geduldiges Genie. – In: DIE ZEIT vom 26.8.2004, Nr. 36, S. 21.

Gebrauchswert. Es gibt sogar Produkte, für die man damit wirbt, dass sie seit Jahrzehnten nicht verändert worden sind, und es gibt Firmen, die damit werben, nur solche Produkte anzubieten. Der Gebrauchswert solcher Produkte, so will man damit sagen, kann durch Innovationen nur verschlechtert werden.

Offenbar gibt es einen Bereich von Neuerungen, der routinisiert ist, den man mit etwas Phantasie gezielt und planmäßig ausschöpfen kann. Aber leider liefert er nicht das, was Politik und Ökonomie, aber auch Wissenschaft und Technik, mehr als alles andere brauchen: *Innovationen mit Durchschlagskraft* – Neuerungen, die nicht (wie die Automodelle des kommenden Herbstes) nur eine Verbesserung und Perfektionierung des bereits Bekannten darstellen, sondern eine völlig neue Produktlinie oder gar eine neue Industrie ins Leben rufen.

Innovationen mit Durchschlagskraft überschreiten die *Grenze* des vermessenen Territoriums, sie sind Schritte ins Unbekannte. Doch wodurch werden sie ausgelöst, wie gelangt man über diese Grenze, die zugleich den Wahrnehmungshorizont einer Zeit markiert? Und – mindestens genauso wichtig – welche Hindernisse stehen den Entdeckern und Erfindern bei ihrem Versuch, diesen Wahrnehmungshorizont zu überschreiten, im Weg? Diese Frage mag seltsam erscheinen, aber in der Wissenschafts- und Technikgeschichte gibt es ein bekanntes Reaktionsmuster der Umwelt auf sehr innovative Ideen: Ablehnung. Den meisten erscheinen sie unverständlich, unnützlich, unmöglich, sinnlos, verrückt oder gefährlich.

Es gibt noch ein anderes bekanntes Reaktionsmuster: einfaches Übersehen. Vieles Neue hat sich aus unscheinbaren Anfängen entwickelt und ist erst nach Jahren, Jahrzehnten oder Jahrhunderten voll zur Wirkung gekommen. Bei der Dampfturbine dauerte es über 2000 Jahre. Die Grundlagen der Photovoltaik sind über ein Jahrhundert alt.⁶ Manchmal hatten selbst die besten Experten keine Ahnung vom Potential einer bereits existierenden Erfindung, während auf die Erfinder selbst keiner hörte. Nach eigenem Bekunden hatte selbst Bill Gates, der es eigentlich wissen musste, die explosive Entwicklung des Internet Anfang der neunziger Jahre um ein Haar verschlafen.⁷

Kann uns die Chaostheorie helfen, einige der gestellten Fragen zu beantworten?

Die Chaostheorie war vor einigen Jahren ein boomender Teilbereich der diskreten angewandten Mathematik. Inzwischen ist die Euphorie etwas abgeklungen. Die klassischen Anwendungen sind bekannt. Im Wetter, in der Planetenmechanik, beim Doppelpendel, in der Strömungsmechanik und in vielen anderen Systemen findet man schöne Beispiele für chaotisches Verhalten. Diese Erfolge haben Versuche angeregt, den Anwendungsbereich der Chaosmodelle immer weiter auszudehnen. Schließlich sah man überall, vom Verkehrsstau, der Bevölkerungsdynamik, dem Herzschlag, der Kognition von Gerüchen bis zum Börsengeschehen, wirtschaftlichen Zusammenbrüchen und politischen Krisen das Chaos am Werk.

6 Vgl. Grober, U., Solange die Sonne scheint. – In: DIE ZEIT vom 27.5.2005, Nr. 23, S. 98.

7 Weitere Beispiele in Borchers, D., Vom Trend, den keiner kennt. – In: DIE ZEIT vom 3.3.2005, Nr. 10, S. 41.

Das ist vermutlich auch nicht ganz falsch, wenn man unter Chaos eine Situation versteht, in der kleinste Ursachen darüber entscheiden können, welchen Entwicklungspfad ein System nehmen wird. Ein anderes Indiz für Chaos ist die fraktale Struktur von Prozessen, wobei sich ähnliche Muster auf verschiedenen Ebenen der räumlichen und zeitlichen Auflösung zeigen. Wenn man den Maßstab anpasst, sieht man es beispielsweise einem Börsenchart nicht an, ob es sich um tägliche, wöchentliche, monatliche oder jährliche Variationen handelt. Obwohl die genannten Erweiterungen des Anwendungsbereichs der Chaostheorie intuitiv plausibel sind, kann man dennoch kaum übersehen, dass es dabei viele ungelöste Probleme der Operationalisierung gibt. Da man im sozialwissenschaftlichen Bereich nur schwer messen und noch schwerer experimentieren kann, sind die benutzten mathematischen Modelle oft nur locker mit den intendierten Anwendungen verbunden – zu locker, als dass der Kritiker den chaostheoretischen Deutungen mehr als einen metaphorischen Sinn zu geben vermag. Der Befürworter könnte dagegenhalten, dass es zwar Schwierigkeiten gibt, diese aber im wesentlichen auf Probleme der Operationalisierung zurückzuführen sind. Ich möchte mich für die Zwecke meiner folgenden Ausführungen zunächst einmal dieser zweiten Position anschließen – ohne damit irgendeiner spezifischen Anwendung oder Deutung das Wort reden zu wollen.⁸

Nach diesem Appell, der zur Vorsicht bei der chaostheoretischen Interpretation sozialer, ökonomischer, politischer oder kognitiver Prozesse anhalten will, ohne auf den heuristischen Wert der zugrundeliegenden Ideen und auf die Erkundung ihrer empirischen Fruchtbarkeit zu verzichten, will ich kurz die Aspekte innovativer Prozesse benennen, in denen sich möglicherweise chaotische Strukturen zeigen. Das sind

1. der kultur- oder wissensanthropologische Aspekt,
2. der kognitive und entwicklungspsychologische Aspekt und
3. der rezeptionssoziologische Aspekt.

Beim ersten Aspekt geht es um die kulturellen Quellen des Neuen, beim zweiten um den schöpferischen Prozess im Individuum und beim dritten um die Frage, ob das Neue auf fruchtbaren Boden fällt und sich entwickelt, oder ob es verkümmert.

1. *Wissensanthropologie: das Chaos als unerschöpfliche Ressource des Neuen, als Chance und als Gefahr*

Im ägyptischen Amduat (einer der Texte aus der Kategorie der Unterweltbücher), das auch den Titel „Die Schrift des Verborgenen Raumes“ trägt, wird die allnächtliche Reise des Sonnengottes durch die Unterwelt beschrieben. Diese Geschichte will nicht nur erklären, wo die Sonne in der Nacht bleibt, sondern auch, weshalb sie am Morgen wieder scheinbar erneuert und verjüngt am Osthimmel aufsteigen kann, nachdem sie am Abend müde und verbraucht im Westen untergegangen war. Die

⁸ Wenn Fortschritte bei der Operationalisierung ausblieben, wird es allerdings eine Sache des Glaubens bleiben, ob die chaostheoretische Interpretation anderen Deutungen überlegen ist.

nächtliche Reise führt den Sonnengott in eine verkehrte Welt, in einen Abgrund, der chaotisch und gefährlich zugleich ist.

Der Abstieg des Sonnengottes in den Bereich des Nun, des Urozeans, ist eine Reise „in die chaotische und fruchtbare Welt vor der Schöpfung, aus der er beim ‚Ersten Mal‘ hervorkam, so wie sein morgendlicher Aufstieg eine genaue Wiederholung dieses ‚Ersten Males‘ der Schöpfung ist... Als bleibender Rest der Welt vor der Schöpfung ist die Unterwelt das ganz Andere, allen Unbekannte und Geheimnisvolle.“⁹ Es ist eine verkehrte Welt, „in der Oben und Unten, Rechts und Links, Vorher und Nachher vertauscht sind, in der es keine geraden Wege und keinen normalen Ablauf der Zeit gibt.“¹⁰ Selbst die normale Richtung der Schrift ist nicht mehr verbindlich, so dass die Textzeilen der Unterweltbücher oft entgegen der normalen Abfolge zu lesen sind. „Die klare und verbindliche Ordnung der Schöpfungswelt wird hier fortgesetzt in Frage gestellt. Aber nur in dieser grundlosen, verwirrend andersartigen Tiefe scheint eine Erneuerung der Schöpfung möglich, die ja der Sinn dieser nächtlichen ‚Höllenfahrt des Sonnengottes ist“.¹¹

Diese Erklärung erscheint nur auf den ersten Blick sonderbar, denn sie ist den Ethnologen wohlbekannt. In praktisch allen Kulturen gibt es besondere Rituale oder besondere Zeiten, in denen die gewöhnlichen Regeln außer Kraft gesetzt oder auf den Kopf gestellt werden, um auf diese Weise aus einem verborgenen und grenzenlosen Reservoir neue Kraft zu gewinnen und das Gemeinwesen zu stärken.¹² Da die Kräfte, die in diesem Reservoir als Potential schlummern, mächtig und gefährlich sind, gibt es in allen differenzierten Kulturen spezifische Kategorien von Personen, die für die rituelle Handhabung dieses Machtpotentials und für die damit verbundenen Grenzüberschreitungen zuständig sind: in primitiven Kulturen kennen wir sie als Schamanen oder Medizinmänner, im Mittelalter nannte man sie Priester, Hexen, Zauberer und Ketzer, heute nennen wir sie Forscher und Wissenschaftler. Manchmal sind die Rollen der Betreffenden institutionalisiert und die mit ihnen verbundenen Funktionen in die bestehende Ordnung integriert. Beispiele sind Medizinmänner, Schamanen, Priester und Wissenschaftler. In anderen Fällen erfolgt die Grenzüberschreitung auf eine nicht legitimierte und nicht institutionalisierte Weise – durch Personen, die man passenderweise als marginal bezeichnet. Hier findet man Zauberer, Hexen, Ketzer, aber auch einige Wissenschaftler, die man dann aber anders nennt, z.B. Außenseiter, Überspannte, Spinner oder Scharlatane, Personen jedenfalls, die den anderen wegen ihrer seltsamen Ideen suspekt erscheinen. In abgemilderter Form trifft diese Einschätzung auch Forscher, die sich nicht an die Grenzen der Disziplinen halten, sondern in fremden Revieren wildern, um auf (anderen) fragwürdig erscheinende Weise Beute zu machen.

9 Hornung, E., *Tal der Könige*. Augsburg 1995. S. 121.

10 A. a. O., S. 123.

11 A. a. O., S. 123.

12 Einige dieser Rituale haben auch eine Ventilfunktion, aber das interessiert uns hier weniger.

Hinter dieser Etikettierung und Rollenzuschreibung stehen immer spezifische Vorstellungswelten oder mythologische Weltbilder, aber es gibt eine Gemeinsamkeit, die man vielleicht so erfassen könnte: Der zeitlich limitierte Umsturz der gewöhnlichen Regeln ist als Überschreiten einer Grenze zu verstehen – der Grenze nämlich, die den Bereich der Ordnung, der Kultur, der bekannten Gesetze von einem ganz anderen Bereich trennt, den man vielleicht am besten als das Unbekannte, die Wildnis oder das Chaos begreifen kann. Es ist ein Bereich der Wirklichkeit, in dem große Gefahren und tiefe Abgründe lauern, in dem aber auch grenzenlose Möglichkeiten der Gewinnung von Macht und Wissen verborgen liegen. Die verschiedenen Kulturen unterscheiden sich unter anderem darin, ob sie das Chaos jenseits der Grenze der Kultur vor allem als Chance oder in erster Linie als Gefahr verstehen. Im ersten Fall sieht man im Unbekannten vor allem ein Potential zur Verbesserung und Erweiterung der existierenden Kultur, im zweiten Fall eher eine Gegenordnung, die die bestehende Ordnung infiltrieren und umstürzen will.¹³ Dies hat Implikationen für die Art und Weise, wie sie jene Kategorien von Personen bewerten und behandeln, denen sie die Fähigkeit zuschreiben, das im Chaos verborgene Machtpotential auszunutzen. Hierzu, insbesondere zur Einstellung verschiedener primitiver oder zumindest vormoderner Kulturen zu Hexen, Zauberern und Ketzern gibt es eine reichhaltige ethnologische oder historiographische Literatur.¹⁴

Was die modernen Gesellschaften betrifft, so fließen die Quellen schon spärlicher, aber es dürfte klar sein, dass die zugrundeliegende Idee so allgemein ist, dass sie unabhängig vom Entwicklungsstand einer Kultur ist. Die archetypische Figur des Ketzers, der die akzeptierten Ordnungsraster in Frage stellt und aus der Wildnis, dem Chaos, also der Region hinter der Grenze der aktuellen Forschung, Neues – oft Unsinniges, Abwegiges und Verschrobene, in Sternstunden der Kultur aber auch Geniales und Wegweisendes – zutage fördert, ist in der modernen Wissenschaft ebenso notorisch und bei den Hütern der Mehrheitsmeinung, also der gerade kursierenden Irrtümer, ebenso unbeliebt wie in den meisten Religionen. Im Unterschied zu letzteren ist er aber in der modernen Wissenschaft funktional notwendig. Ketzerei in der Wissenschaft bedeutet die Fähigkeit, dort schon Muster wahrzunehmen, wo die meisten anderen noch im Nebel stochern. Man könnte sogar sagen, dass die Wissenschaft dort, wo sie am besten ist, im wesentlichen institutionalisierte Ketzerei ist.

Wir sehen allerdings auch, dass Wissenschaft und Forschung in ihrer faktisch vorliegenden Gestalt Grenzüberschreitungen im obengenannten Sinn nicht unisono befürwortet. Im Chaos sieht sie vor allem das Irrationale, das die Auflösung ihrer Maßstäbe und Regeln, mit anderen Worten den Verlust der methodischen Rationa-

13 Das war zum Beispiel eine Auffassung, die man im christlichen Mittelalter, aber auch im ehemaligen kommunistischen Block, in den USA der McCarthy und Bush Ära, aber auch in Kreisen sogenannter Umweltaktivisten findet. Man findet sie immer dann, wenn Feindbilder benötigt werden, um eine Ideologie zu rechtfertigen und zu verteidigen.

14 Vgl. zum Beispiel die Arbeiten von Mary Douglas, Edmund Leach, Arnold van Gennep, Raymond Firth, Hans Peter Duerr.

lität, bedeuten könnte. Ein großer Teil der Forschung ist deshalb auf die Bewahrung der Ordnung, d.h. auf die Pflege dessen, was man für gesichertes Wissen hält, ausgerichtet, vielleicht auch noch auf Verbesserung und Erweiterung, aber ganz sicher nicht auf dessen schöpferische Zerstörung (Joseph Schumpeter) und Erneuerung.¹⁵ Im Erscheinungsbild von Wissenschaft und Forschung dominiert also eher der Kuhnsche Normalwissenschaftler als der intellektuelle Rebell.

Es ist allerdings leicht ersichtlich, dass in der Figur des festangestellten oder beamteten Ketzers ein Widerspruch liegt. Wo die Meinung des Ketzers über die Orthodoxie von gestern triumphiert hat und nunmehr institutionalisiert ist, wird sie selbst zur Orthodoxie der Gegenwart, die dem Ketzer von heute das Leben schwermacht. Das ist zwar keine logisch notwendige, aber eine faktisch oft zu beobachtende Folge des Umstandes, dass Wissenschaft für die, die sie betreiben, auch ein Beruf, ein Instrument zur Sicherung von Lebensstandard, sozialem Status und manchmal auch positionaler Macht ist. Vielleicht noch wichtiger ist der kollektive Charakter des Unternehmens, in dem Netzwerke – vor einigen Jahren sagte man noch „Seilschaften“¹⁶ – von Personen und Organisationen mit verflochtener Interessenlage den Ton angeben. In dieser Gemengelage bleibt das Erkenntnismotiv oft auf der Strecke.¹⁷ Wissenschaft als System der institutionalisierten Ketzerei kann deshalb nur bedeuten, dass die Institutionen der Wissenschaft so gestaltet sind, dass sie der abweichenden Meinung – ethnologisch ausgedrückt: den Stimmen aus der Wildnis und aus dem Potential des Chaos – eine faire Chance geben und die Macht der Orthodoxie durch geeignete Mechanismen begrenzen.

Nun stimmt es natürlich nicht, dass sich jede Neuerung gegen den Widerstand der Orthodoxie durchsetzen muss. Viele Neuerungen wachsen ja gerade auf dem Boden des etablierten Wissens, indem man dieses punktuell verbessert oder auf ungewöhnliche Weise rekombiniert. Es gibt Neuerungen ganz unterschiedlichen Formats. Wenn man eine Rangskala entwickeln wollte, so stünden ganz oben die kleinen alltäglichen Neuerungen, von denen man wenig Aufhebens macht, während ganz unten die großen Umwälzungen unseres Weltbildes stehen würden, von denen jede Wissenschaft in den vergangenen zweieinhalb Jahrtausenden nur wenige erfahren hat. Die heftigsten Widerstände produzieren naturgemäß die Neuerungen größeren Formats, weil sie die umfassenderen kognitiven Restrukturierungen (also den höheren kognitiven Aufwand) implizieren.

15 Dahinter steht natürlich auch eine wissenschaftstheoretische Frage, die Frage nämlich, ob der Fortschritt in der Wissenschaft im wesentlichen kumulativ oder disruptiv verläuft. In der Diskussion der letzten Jahrzehnte hatten sich zunächst die Anhänger der zweiten Auffassung durchgesetzt. Es könnte aber gut sein, dass Wissenschaft sowohl kumulative als auch disruptive Aspekte hat.

16 Explikationsvorschlag: Seilschaften sind Netzwerke, zu denen man nicht gehört, bzw. nicht gehören möchte oder von denen man ausgeschlossen ist.

17 Gegenwärtig fördert die Politik diese Netzwerkideologie ohne Rücksicht auf die angedeutete Folge.

Es wäre aber ein Irrtum anzunehmen, dass das Chaos als kulturelle Ressource nur bei den Innovationen der ganz großen Art benötigt wird. Chaotische Prozesse spielen sich auch im Kopf des Erfinders, vielleicht sogar jedes Menschen, beim Lösen ganz gewöhnlicher Probleme ab. Möglicherweise spielt das Chaos bereits in der alltäglichen Wahrnehmung eine größere Rolle als bisher angenommen.¹⁸

2. *Chaotische Aspekte in kreativen Gedankenprozessen*

Diese Auffassung wird durch viele Berichte von Wissenschaftlern, Forschern und Erfindern gestützt. „Bedeutende wissenschaftliche Fortschritte“ – so schreiben Lawrence Krauss und Michael S. Turner – „erwachsen meist aus einer Atmosphäre kreativer Verwirrung“.¹⁹ Die Verwirrung wird in der Regel durch einen plötzlichen Einfall aufgelöst, der den Forscher zu jeder Tages- und Nachtzeit, während einer beliebigen anderen Tätigkeit, im Tagtraum oder auch im richtigen Traum wie ein Blitz aus heiterem Himmel treffen kann. Sprichwörtlich ist der plötzliche Einfall des Archimedes während eines Bades, wie er den Goldgehalt der Krone des Königs Hieron durch deren Wasserverdrängung bestimmen konnte. Der anekdotischen Überlieferung zufolge soll er danach „Heureka“ rufend unbekleidet durch die Strassen von Syrakus gelaufen sein.

Paradigmatisch sind die Entdeckungsgeschichten des Benzolrings, der chemischen Übertragung bei Nervenzellen, des Rasterkraftmikroskops und der speziellen Relativitätstheorie. Friedrich August Kekulé sah während eines Tagtraums eine sich windende Schlange, die sich in den Schwanz biss und erkannte sofort die Bedeutung des Traums. Otto Loewi erwachte eines Nachts mit einem Einfall, den er sofort aufschrieb, aber er konnte sein Gekritzel nachher nicht mehr entziffern. In der nächsten Nacht erwachte er mit dem gleichen Einfall und lief sofort ins Laboratorium um seine Vermutung zu testen.²⁰ Gerd Binnig lag tagträumend auf dem Sofa und starrte an die Decke, wo er die elektrische Kraftwirkung der Mikroskop-Spitze auf das Objekt bildlich vor sich sah. Einstein debattierte auf dem Heimweg mit seinem Freund Michele Besso, als er plötzlich nach einer Bemerkung Bessos den Schlüsseleinfall hatte, der all seine Probleme betreffend die Grundlagen der Mechanik und der Elektrodynamik auf einen Schlag beseitigte.

Das sind nur vier Beispiele von Hunderten, die man aus Selbstberichten großer Forscher kennt.²¹ Nicht selten kommen Forscher während einer Muße- oder Ruheperiode auf die Lösung eines Problems. Johannes Bednorz machte seine Entdeckung des ersten

18 Freeman, W. J., Physiologie und Simulation der Geruchswahrnehmung. – In: Spektrum der Wissenschaft. April 1991, S. 60ff.

19 Krauss, L. / Turner, M. S., Ein kosmisches Rätsel. – In: Spektrum der Wissenschaft. Spezial 1/2005: Einstein und die Folgen, S. 53.

20 Vgl. Pulewka, P., Zur Wahrheitsfrage in der Medizin. – In: Die Wissenschaften und die Wahrheit. Hrsg. v. K. Ulmer. Stuttgart u.a.: Kohlhammer Verlag 1966. S. 63.

21 Vgl. dazu Roberts, R. M., Serendipity. Accidental Discoveries in Science. New York u.a. 1989.

Hochtemperatur-Supraleiters direkt nach einem längeren Urlaub. Er griff sich – scheinbar zufällig – eine Mischung aus dem Regal und bekam prompt ein positives Ergebnis.

Ähnliche Beispiele kennt man aus der Wirtschaft: Bobby de Kaiser, ehemaliger Bundesligatorwart bei Bayern München, gründete nach seinem Abschied eine Firma, die – sehr erfolgreich – Luxusmöbel aus Rattan-Ersatz herstellt. Auf seine Geschäftsidee kam er während einer Zwangspause im Krankenhaus nach einer schweren Gesichtsverletzung. Der familiäre Hintergrund war sicherlich hilfreich: Auch sein Großvater war Möbelfabrikant gewesen. Solche Schlüsselentscheidungen kennt man aus der Erfolgs- oder auch Mißerfolgsgeschichte vieler bekannter (oder ehemals bekannter) Firmengründer und Unternehmer.²²

Typischerweise geht dem Einfall eine lange Inkubationszeit voraus. Insofern ist Thomas Edisons Bemerkung, dass Kreativität aus 99% Transpiration und 1% Inspiration bestehe, in den meisten Fällen richtig. Ob man zuerst den Einfall und danach die Transpirationsphase hat oder umgekehrt, ist eher unerheblich. Innovation ist fast immer harte, kräftezehrende Arbeit. Aber ohne jenen kleinen Funken Inspiration, der wie aus dem Nichts auftaucht und dem gedanklichen Chaos schlagartig eine Richtung und eine Ordnung aufzwingt, ist aller Schweiß umsonst vergossen. Um dies zu ermöglichen, muss der Erfinder allerdings die Phantasie frei schweifen lassen können, um den verschiedenen gedanklichen Attraktoren Gelegenheit zu geben, konkurrierende Ordnungen zu generieren, von denen sich schließlich, wenn er Glück hat, eine als lebensfähig erweisen wird.

Dabei muss man wieder differenzieren. Für einige Probleme sind die Bedingungen einer Lösung, die zu einer Entdeckung führen, besser definiert als für andere. Zunächst gibt es jene Entdeckungen, die wir zufällig nennen. Fleming konnte nicht planen, das Penicillin zu entdecken, Galilei nicht, die Jupitermonde zu sehen, Röntgen nicht, auf neue Strahlen zu stoßen, Herschel nicht, den Uranus zu entdecken, Kolumbus nicht, Amerika zu finden, Bardeen, Brattain und Shockley nicht, den Transistor zu erfinden, Bednorz und Müller nicht, auf Hochtemperatursupraleiter zu stoßen. In der Mitte der Skala stehen Entdeckungen und Entwicklungen, bei denen die Randbedingungen einer Lösung so gut definiert sind, dass man sie bei Unterstellung des notwendigen wissenschaftlichen Weitblicks *absichtlich* nennen könnte (Fluggeräte, Automobile, elektromagnetische Wellen, Struktur der DNS, Elektronenmikroskop, Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop, Computer, Fusionsreaktor, genetisch veränderte Lebewesen). Doch da der Weg zum Ruhm selbst nicht patentierbar ist, kannte oder kennt man auch in diesen Fällen das Resultat nicht, bevor man es tatsächlich hatte (oder haben wird).

Am Ende der Skala steht jene in beträchtlichem Umfang planbare Vielfalt kleiner Innovationen, die den breiten Sockel der Patentstatistik ausmachen. Vernachlässigbar sind diese bereits aufgrund ihrer großen Zahl nicht. Richtig bleibt auch, dass die Ausdifferenzierung von Anwendungen einer neuen Grundidee, die Konstruktion

22 Schöpfer und Zerstörer. Große Unternehmer und ihre Momente der Entscheidung. Hrsg. v. Uwe Jean Heuser u. John F. Jungclaussen. Reinbek 2004.

und Verbesserung von Prototypen, ihre Übertragung in neue Kontexte, technologische Weiterentwicklungen und inkrementale Modifikationen, die Entwicklung von Systemlösungen, etc., ökonomisch von größerer Bedeutung sind als die kleinen Geistesblitze, die die Rolle des Zünders spielten. Richtig ist aber auch, dass ohne die auslösenden Zünder der „Innovations-Pfad“ erst gar nicht gefunden worden wäre.

Der Zufall kann in jeder Kategorie von Innovationen auftauchen, aber er vermag nur dann in Erscheinung zu treten, wenn der Suchende für eine bestimmte Art von Information empfänglich ist. Der Neptun wurde erst im späten 19. Jahrhundert entdeckt, aber angefangen bei Galilei hatten ihn viele Astronomen bereits vorher beobachtet, ohne zu merken, dass es kein Stern, sondern ein Planet war. Ähnliches gilt für den Sauerstoff, die Röntgenstrahlen, die Spaltung des Atomkerns, das Penicillin, usw.

Dass Fleming die Wirkung verschiedener Substanzen auf Bakterienkulturen in Nährlösungen untersuchte, war kein Zufall, sondern Absicht. Es war Bestandteil seines Forschungsplans. Dass eine Spore des seltenen Pilzes *Penicillium notatum* auf eine Nährlösung flog, die Bakterien des Typs *Staphylococcus aureus* kultivierte, dass gerade die richtigen Temperaturen für die Vermehrung des Pilzes herrschten und dass die Bakterien sich noch in einer Wachstumsphase befanden, waren jedoch Zufälle. Solche Zufälle gab es vermutlich auch vorher schon, aber bis dahin hatten die Forscher ihre verpilzten, also verdorbenen Petrischalen in den Müll geworfen. Dass Fleming die Veränderung beachtete und ihre Ursache untersuchte, war seiner Aufmerksamkeit und seiner spezifischen Zielsetzung zu verdanken, die eine bestimmte Wahrnehmungsbereitschaft zur Folge hatte.

Die Entdeckung war damit aber noch lange nicht abgeschlossen. Fleming benutzte das Penicillin nämlich nur als Laborreagens zur Unterscheidung grampositiver und gramnegativer Bakterien. Bei einigen vorläufigen Versuchen hatte sich der Pilz nämlich als schwer kultivierbar und der Wirkstoff als instabil und schwer zu extrahieren herausgestellt. Fleming verlor bald das Interesse daran. Erst zehn Jahre später nahmen Florey und Chain einen neuen Anlauf zur Gewinnung der Wirksubstanz, bis dann während des 2. Weltkrieges von amerikanischen Firmen die Herstellung im industriellen Maßstab perfektioniert wurde. Nachdem man jetzt wusste, dass bestimmte Pilze antibakterielle Wirkungen entfalten, konnte man gezielt auf die Suche gehen, um neue Wirkstoffe zu finden. Der Zufall, der bei der Erstentdeckung eine unverzichtbare Rolle spielte, wurde mehr und mehr ausgeschaltet. Man testete einfach alle Pilze durch, die man finden konnte. Mit der Routinisierung verringern sich aber auch Neuigkeitswert und Potential der Folgeinnovationen des gleichen Typs – bis der Zufall einen anderen „vorbereiteten Geist“ (Louis Pasteur) wieder auf ein neues Prinzip stoßen lässt.

Es gibt Erfindungen und Entdeckungen, die ganz einfach „in der Luft liegen“, wie man sagt, weil eine bestimmte objektive Problemsituation oder ein bestimmter Möglichkeitsraum vorliegen. Die Entdeckung des Fallgesetzes im 17. Jahrhundert,

die des Energiesatzes im 19. Jahrhundert, die Entwicklung des Rechners in den vierziger Jahren des 20. Jahrhunderts und die des Fernsehens in den dreißiger Jahren gehören dazu. Man erkennt diesen Typ von Entdeckung bzw. Erfindung daran, dass man für ihn nicht einen einzelnen Forscher verantwortlich machen kann, sondern dass Parallelarbeiten verschiedener Forscher vorliegen. Multiple Entdeckungen nennt man das. Allerdings sind die Parallelen niemals vollkommen, es gibt immer Unterschiede im Detail, die auf den persönlichen, kulturellen und wissenschaftlichen Hintergrund der Beteiligten zurückgehen.

Es gibt aber einen Typ von Entdeckung und Erfindung, bei dem die Leistung einer Einzelperson so sehr im Vordergrund stand und diese Leistung so erstaunlich schien, dass man sich oft gefragt hat, ob es – jenseits des Zufalls – nicht einen besonderen Faktor gibt, der für solche Leistungen prädestiniert.

Hier setzen die Überlegungen des Pädagogen an. Könnte man nicht versuchen, die zukünftigen Genies der Wissenschaft bereits im Kindesalter zu entdecken, ihnen dann eine besondere Förderung zuteil werden zu lassen und ihnen später – wenn sie die Erwartungen erfüllen – alle Ressourcen zur Ausschöpfung ihres Kreativitätspotentials zur Verfügung zu stellen? Mit dem Testinstrumentarium der Psychologie an der Hand wäre dies vielleicht kein hoffnungsloses Unterfangen.

Ich fürchte, dieses Vorhaben würde dennoch scheitern. Nach meinem Wissen zählten nur sehr wenige der großen Entdecker und Erfinder zu den Wunderkindern, von denen man manchmal hört. Eine überragende Intelligenz, Abitur mit 15 Jahren, Promotion mit 18 Jahren, etc. sind nicht notwendig, um zu einem Wegbereiter wissenschaftlicher Entwicklung zu werden. Jenseits eines IQ von etwa 120 ist Kreativität nicht mehr korreliert mit Intelligenz. Genialität hat eine starke kulturelle Komponente, d.h. zu unterschiedlichen Zeiten und in unterschiedlichen Kontexten bewertet man einmal diese, ein anderes Mal jene Personen als genial oder inferior (Beispiele: Aristoteles, Ptolemäus, Demokrit). Intelligenz ist also nur für einen geringen Teil der Varianz verantwortlich. Mindestens genauso wichtig sind

- Gespür für das Wesentliche,
- Fähigkeit zum Erkennen komplexer Muster
- die Fähigkeit, zum richtigen Augenblick am richtigen Ort zu sein,²³
- die richtigen Leute mit den kritischen Informationen zu kennen,
- die Fähigkeit, wenn nötig Jahre und Jahrzehnte beständig an der Lösung eines Problems zu arbeiten, aber
- es auch aufgeben zu können, wenn es unlösbar ist, und schließlich
- ein gewisses Quantum Glück.

Betrachten wir ein Beispiel: Albert Einstein – heute für jedes Schulkind ein Sinnbild für Genialität und weltbewegende Wissenschaft. Im Einstein-Jahr 2005 begegnete

23 Stephan, P. / Levin, S., Striking the Mother Lode in Science. The Importance of Age, Place, and Time. New York-Oxford 1992.

uns Einstein vielfach nicht mehr als historische Gestalt, sondern als hagiographisch aufgeblähtes Monument. Wäre man diesem Einstein einst begegnet, so stellen sich viele heutzutage vor, dann wäre einem der Genius dieses Mannes förmlich ins Gesicht gesprungen. Glücklicherweise die Menschen, die zu seinen Bekannten zählten. Soweit die Erwartungen. Ähnliches könnte man auch von Leonardo da Vinci sagen, dessen Genius so viele technische Neuerungen späterer Jahrhunderte vorausgedacht hat.

Die Fakten sehen anders aus. In den ersten Jahren seines Lebens deutete nichts darauf hin, dass aus dem Knaben Albert Einstein, geboren 1879 in Ulm, einmal einer der größten Wissenschaftler der Menschheit werden sollte. Im ersten Anlauf das Abitur verfehlt, nicht gerade ein Qualitätsexamen, Promotion nur mit Schwierigkeiten im zweiten Anlauf, anschließend keine akademische Bilderbuchkarriere, sondern von den Universitäten wegen seines Notendurchschnitts trotz unendlich vieler Bewerbungsversuche verschmäht, wäre Einstein – wie er selbst sagt – als Privatlehrer ohne feste Stelle geistig verkümmert, wenn nicht der Vater eines guten Freundes beim Leiter des Patentamtes von Bern ein gutes Wort für ihn eingelegt hätte. Dies ist nur einer der vielen kleinen Zufälle, die den Gang der Wissenschaft beeinflussten. In einer geordneten Welt sollte es solche Zufälle eigentlich nicht geben, denn sie bedeuten, dass alles auch ganz anders verlaufen sein könnte. Die Physik des 20. Jahrhunderts ohne Einstein – eine seltsame und dennoch nicht abwegige Vorstellung!

Ein weiterer glücklicher Umstand in einer entscheidenden Phase der Karriere Einsteins war, dass der Leiter des Patentamtes nichts dagegen hatte oder nichts davon merkte, dass einer seiner Patentexperten III. Klasse einen Teil seiner Arbeitszeit für die theoretische Physik verwendete. Erst nach dem Jahre 1905, nachdem Einstein ohne akademische Anbindung, aber auch ohne die damit verbundenen kollegialen Zwänge, vier Arbeiten veröffentlichen konnte, die heute – jede für sich – als bahnbrechend gelten, war der Weg für eine akademische Karriere wieder offen.

Wesentlich für Einsteins akademischen Erfolg war auch, dass der Herausgeber der *Annalen der Physik*, dem Einstein seine Arbeiten geschickt hatte, sich die Zeit nahm, diese gründlich zu lesen und dass er ihren Wert erkannte. Dies ist umso bemerkenswerter, als Einstein in der physikalischen Gemeinschaft der damaligen Zeit (1905) noch ein unbeschriebenes Blatt, ein Nobody war. Er war nicht einmal promoviert. Der genannte Herausgeber hieß Max Planck. Auch er war ein Innovator, wenn auch eher wider Willen. Planck hatte in den Jahren davor schon zwei Arbeiten Einsteins in seiner Zeitschrift veröffentlicht, die zwar grundsollide, aber nach Einsteins späterer Auffassung ohne weitere Bedeutung waren. Einstein rezensierte auch regelmäßig für die *Annalen*. Planck wusste also, dass Einstein ein seriöser Physiker und kein „Spinner“ war.

Erst vier Jahre später erhielt Einstein seine erste akademische Stelle – ein Extraordinariat an der Universität Zürich. Aber er erhielt es erst, nachdem ein aussichtsreicherer Kandidat, Walter Ritz, wegen einer Tuberkulose ausschied, und ein weiterer aussichtsreicherer, weil politisch protegiertes, Kandidat, Friedrich Adler, seine Meinung über sein Berufsziel geändert hatte. Erst von da an ging es steil aufwärts.

Es bleibt das beunruhigende Resultat: Weder seine Eltern noch seine Lehrer, von der Grundschule bis zur Universität, erkannten seine Begabung – abgesehen von einem Kommilitonen, der ihm später indirekt die Stelle beim Patentamt verschaffte (Marcel Grossmann). Bei einem Geist dieses Formats erscheint diese Unauffälligkeit merkwürdig. Übersahen die Erzieher die Zeichen? Waren sie unachtsam? Hätte man Einstein als Kind und Jugendlichen nicht stärker fördern können? Oder gab es vor dem *annus mirabilis* 1905 nichts Auffälliges zu erkennen? Doch woher kam dann dieser plötzliche Ausbruch, diese schöpferische Explosion?

Aber vielleicht stellen wir die falschen Fragen. Vielleicht war Einsteins schöpferische Leistung mit seiner sehr unkonventionellen Interpretation des Raumes, der Zeit und der Lichtgeschwindigkeit gerade das Produkt der konkreten Umstände, unter denen er sich entwickelte, der vielen Widrigkeiten, die er überwinden musste. Vielleicht hätte sich sein Talent in einer Eliteschule, an einer Spitzenuniversität, unter der Aufsicht eines weltberühmten Physikers, im Kreise hochbegabter Karrieristen überhaupt nicht entfalten können, sondern wäre eingeschüchtert worden und verdorrt. Einstein konnte sich nur schwer Autoritäten unterordnen, er war ein Einzelgänger mit der Fähigkeit, sich zu wundern, sehr beharrlich, ja sogar stur – ein Forscher, der sich in ein Problem förmlich versenken und ihm Jahre widmen konnte, bis es für ihn gelöst war. Die notwendigen Anregungen holte er sich dort, wo er sie finden konnte: in Büchern, Bibliotheken, Zeitschriften, Diskussionen mit interessierten Freunden, deren Namen heute außer den Einstein-Biographen keiner mehr kennt.

Diese Überlegungen stellen die Frage nach den optimalen Bedingungen von Kreativität und damit auch nach den Triebkräften des wissenschaftlichen Fortschritts und nach der optimalen Organisation von Bildung und Wissenschaft. Einstein ist nicht nur eine Herausforderung für den Wissenschaftshistoriker, sondern auch für den Wissenschaftspsychologen und den Wissenschaftsadministrator.

Stoff zum Nachdenken ergibt sich auch aus jenen kleinen Anekdoten aus Kinder- oder Jugendtagen, von denen fast jeder große Forscher berichtet. Zwei Beispiele, die für viele stehen: Albert Einstein erhielt als Kind von seinem Vater einen Kompass geschenkt, der seine Phantasie ungemein anregte. Er nahm sich vor, die verborgene Realität, die die Bewegung der Nadel bestimmte, zu ergründen. Wernher von Braun bekam als Kind von seiner Mutter ein Teleskop geschenkt und war fasziniert; von da an setzte sich in seinem Kopf die Idee fest, irgendwann „zu den Sternen“ zu gelangen. Handelt es sich hierbei um Schlüsselerlebnisse, die nach dem Muster „kleine Ursache – große Wirkung“ chaotische Prozesse mit den bekannten Ergebnissen zeitigten – oder sind es bloße Zufälle, denen man im Rückblick eine Bedeutung zuschreibt, die sie in Wirklichkeit gar nicht hatten?

3. *Chaotische Aspekte der Rezeption von Neuerungen*

Viele wissenschaftliche und technologische Innovationen, die später groß herauskommen, erweisen sich zunächst als Flops. Manchmal nur aus Gründen des ungünstigen Umfeldes oder der falschen Zeit. Folgende kleine Geschichte beleuchtet dies sehr schön.

Im Jahre 1942 erhielten der aus Paris stammende Avantgarde-Komponist George Antheil und die Schauspielerin Hedwig Kiesler – besser bekannt unter ihrem Künstlernamen Hedy Lamarr – ein US-Patent, dessen wahre Bedeutung erst vor einigen Jahren erkannt wurde. Das Patent diente dazu, das Problem der Funksteuerung von Torpedos zu lösen, indem Sende- und Empfangsfrequenzen nach einem bestimmten System dauernd gewechselt wurden. Mit diesem „frequency hopping“ wurde es dem Gegner unmöglich gemacht, die Steuerung durch Störsignale zu unterbrechen. Hedwig Kiesler war eine jüdische Emigrantin aus Deutschland, die kein technisches Fach studiert hatte, jedoch technisch sehr interessiert war und einen Beitrag zur amerikanischen Kriegsanstrengung leisten wollte. Die Militärs begutachteten das Verfahren, fanden es für ihre Zwecke zu kompliziert und ließen es in den Archiven verschwinden. Neben der Kompliziertheit gab es vielleicht noch einen subtileren Hinderungsgrund. Antheil hatte in dem Patent erwähnt, dass die Idee auf das Problem zurückging, wie man sechzehn Selbstspielklaviere mit Hilfe eines Lochstreifens koordinieren konnte. Später meinte er: „Die verehrten blechbehelmteten Herren in Washington, die unsere Erfindung begutachteten, lasen [wohl] nur bis zum Wort Selbstspielklavier.“ Vielleicht meinten sie, der Vorschlag liefe darauf hinaus „ein Piano in ein Torpedo [zu] packen.“²⁴

Das Patent blieb allerdings nicht in der Versenkung. Während der Kuba-Krise im Jahre 1962 wurde das frequency hopping tatsächlich eingesetzt, allerdings nicht zur Steuerung von Torpedos, sondern zur Verhinderung sowjetischer Lauschangriffe. Heute glauben Kommunikationsfachleute, dass sich mit diesem Verfahren das Problem der knappen Sendefrequenzen endgültig lösen lässt. „Antheil und Lamarr – so ein Experte – entwickelten die technische Grundlage dafür, dass einmal Millionen von Mobilfunkgeräten auf engem Raum gleichzeitig operieren können. [...] Anstatt sich wie üblich auf einen Kanal zu konzentrieren, streut der Sender (bei diesem Verfahren – K. F.) seine Informationen über Hunderte von Frequenzen – nicht zufällig, sondern nach einem Code, den auch der Empfänger kennt. So können sehr viele Geräte auf engem Raum auskommen. Weil jedes einen eigenen Code verwendet, stören sie einander kaum. Vor allem aber verteilt sich die Energie des Signals auf das ganze verwendete Spektrum; es wird sozusagen viel flacher und damit verträglicher gegenüber Fremdsignalen, die auf benachbarten Frequenzen reisen.“ Mitte März 1997 verlieh die Electronic Frontier Foundation, eine einflussreiche Cyberlobby, dem Paar den *EFF Pioneer*

24 Informationen und Zitate aus: Siegele, L., Die Schöne, die Torpedos und der Funk. – In: DIE ZEIT vom 11.4.1997, Nr. 16, S. 70.

Award, einen Preis für technische Großtaten. Antheil hat es nichts mehr genutzt. Er starb bereits im Jahr 1959. Hedy Lamarr lebte im Jahr 1997 mit 83 Jahren als Rentnerin in Florida.²⁵

Diese Geschichte enthält – wie jeder individuelle Vorgang – zwar eine Reihe von Besonderheiten, aber sie ist für viele Erfindungen durchaus typisch. Ich erinnere an die Entwicklung der Dampfturbine und der Dampfmaschine, des Autos, des Penicillins, des Bildtelefons, des Computers, an die gescheiterte analoge Bildplatte von Philips Ende der sechziger/Anfang der siebziger Jahre oder an die seltsame Geschichte des Fax-Gerätes.²⁶ Andere technische Erfindungen leuchten sofort ein oder erscheinen wegweisend – und kommen doch nicht aus den Startlöchern: der Transrapid, das Internet über das Stromkabel, die neuen Luftschiffe (Cargo-Lifter), das Elektroauto. Und nicht immer siegt am Ende die bessere Technik (VHS gegen Video 2000; Microsoft gegen Apple, etc.).

Die meisten neuen Ideen – die Schätzungen reichen von 85 bis 95% – enden in einer Sackgasse.²⁷ Nach einer Untersuchung des Fraunhofer Instituts bei einem mittelständischen Unternehmen ist die Zahl noch höher (nur 11 von 2000 neuen Ideen führten zu irgendetwas).²⁸ Selbst von den fertigen Produkten erweisen sich mehr als zwei Drittel als Flops.²⁹

Der Zufall kann in ganz unterschiedlicher Gestalt intervenieren. Im folgenden Beispiel zeigt er sich in der Abfolge der Ereignisse, die bei geringfügig abweichender Konstellation ein ganz anderes Ergebnis mit gravierenden Folgen für die Rezeption gezeitigt hätte. Das Beispiel zeigt auch die Wichtigkeit der selektiven Aufmerksamkeit für Entdeckungen.

Der amerikanische Physiker Louis Frank war 1986 aufgrund von Satellitenmessdaten einer UV-Kamera, die seltsame Störungen zeigten, zu dem Schluss gekommen, dass tonnenschwere „Schneebälle“ ständig in großer Zahl – er schätzte etwa 30.000 pro Tag – in die Erdatmosphäre eindringen, verdampfen und damit punktuell die UV-Strahlung absorbierte, die seine Kamera messen sollte. Seine Kollegen hielten diese Idee für verrückt und glaubten an einen Messfehler, einen „Dreckseffekt“, wie die Physiker sagen. Da Frank trotz guten Zuredens bei seiner Meinung blieb, wurde er in Fachkreisen zunehmend zur persona non grata. Hatte er vorher viele Instrumente auf Satelliten und Raumsonden unterbringen können, bekam er nun „keinen Projektvorschlag mehr bewilligt, auf Tagungen wurde er von ehemals

25 A. a. O.

26 Andere Beispiele werden analysiert in: Bauer, R., *Gescheiterte Innovationen. Fehlschläge und technologischer Wandel*. Frankfurt-New York 2006.

27 Schnabel, U., Gut gemeint ist schlecht erfunden. – In: DIE ZEIT vom 27. 5. 2004, Nr. 23, S. 48; Braun, G., Wo klemmt's. – In: McK. Das Magazin von McKinsey. Wissen 15, 4. Jg., Dezember 2005, S. 112 – 117.

28 Die Zahlendifferenzen könnten auf unterschiedlichen Klassifikationen beruhen.

29 „Neue Produkte zu 70 Prozent Flops“. – In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 24.4.2006, Nr. 95, S. 22.

befreundeten Kollegen geschnitten. Die Zeitschrift *Nature* lehnte eine weitere Arbeit von ihm über kleine Kometen ab, weil eine ‚repräsentative Umfrage‘ unter Experten mehrheitlich gegen ihn ausgefallen sei – eine seltsame Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung“, wie der Chronist Rainer Kayser schreibt. „Zu seinem Glück hatte Frank bereits vor der Auseinandersetzung eine UV-Kamera für den damals noch in Planung befindlichen Satelliten *Polar* bewilligt bekommen. Ein paar unscheinbare Änderungen machten das Instrument, [das] eigentlich der Untersuchung von Polarlichtern gewidmet [war], auch für die Beobachtung der ‚atmosphärischen Löcher‘ tauglich.“ Schon die ersten Aufnahmen der UV-Kamera im Februar 1996 zeigten die von Frank und seinem Mitarbeiter Sigwarth erwarteten dunklen Flecken in der hohen Atmosphäre. „Doch diesmal waren es, dank der verbesserten Bildauflösung, nicht nur einzelne Pixel, sondern jeweils zwanzig bis dreißig. Bildfehler schieden damit endgültig als Erklärung aus. Serienaufnahmen demonstrierten die langsame Ausbreitung der Dampfwolken und ihre Bewegung.“ Die Aufnahmen zeigten auch die Leuchtpuren der zerfallenden kosmischen Schneebälle vor ihrem Eintritt in die Lufthülle. Damit hatten die Kritiker nicht gerechnet. „Die Polar-Ergebnisse zeigen eindeutig, dass wasserhaltige Objekte in die Erdatmosphäre eindringen“, musste ein führender Atmosphärenforscher, Thomas Donahue von der Universität Michigan, der lange einer der schärfsten Kritiker von Frank war, eingestehen. Der nächste naheliegende Forschungsschritt wäre, „die rätselhaften Kleinkörper näher zu untersuchen. Frank und Donahue haben bereits gemeinsam einen Projektvorschlag für eine spezielle Raumsonde eingereicht, die solche Schneebälle aus der Nähe anschauen und ihre chemische Zusammensetzung analysieren soll.“ Anschließend stünde die Entnahme einer Materialprobe auf der Tagesordnung.

Weitere Konflikte sind jedoch vorprogrammiert. Die Phantasie von Frank ist auch jetzt wieder weiter als die seiner Kollegen. Er hält es für möglich, „daß diese Objekte organische Materie enthalten und die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten genährt haben.“ Diese These, dass irdisches Leben durch Keime aus dem All entstanden sei, wurde bereits mehrfach vertreten. Kritiker wendeten dagegen stets ein, „komplexe organische Substanzen würden beim Eintauchen in die Erdatmosphäre verglühen. Die kosmischen Schneebälle eröffnen jetzt allerdings die Perspektive, daß in ihrem Inneren lagerndes Material schonend zur Erde gelangen könnte. Sollte sich dies erhärten – so schreibt der Chronist – dann wären erneut einige verlachte ‚Spinner‘ zu rehabilitieren.“³⁰

Auch dieses Beispiel steht für viele. Abseits von Rhetorik, abstraktem Wertekanon und grundsätzlicher Wertschätzung von Innovationen können wir immer wieder beobachten, dass sich auch in modernen Gesellschaften das Neue gegen heftigen Widerstand durchsetzen muss. Und oft genug setzt es sich nicht durch. Wie in diesem Beispiel ent-

30 Informationen und Zitate aus: Kayser, R., Schneebälle aus dem Weltall. – In: DIE ZEIT vom 5.9.1997. Unter den „Spinnern“ befindet sich zum Beispiel der Astronom und Kosmologe Fred Hoyle, ein Dissident, der auch nicht an den Urknall glaubt.

scheiden nicht selten ein kleiner Zufall und der durch ihn ausgelöste chaotische Prozess, ob oder wann sich eine neue Vorstellung durchsetzt.

Ich möchte an dieser Stelle nicht auf die Gründe eingehen, warum das Neue manchmal so erbittert angefeindet wird. Im Bereich der Wissenschaft sollte es solche Widerstände eigentlich nicht geben; zumindest sollten sie keine große Rolle spielen. Die Wissenschaft zielt darauf ab, die Wirklichkeit immer umfassender, immer tiefer, immer zuverlässiger und immer genauer zu erfassen. Wissenschaft ist per definitionem über ihre Methode auf die unvoreingenommene Prüfung des Neuen eingestellt. Leider gilt das nur theoretisch, denn in der Praxis der Forschung menschelt und netzwerkelt es zuweilen sehr heftig. Das hat etwas damit zu tun, dass der Wissenschaftler – von den rein menschlichen Unvollkommenheiten abgesehen – auch ein politisches, ökonomisches, soziales, kulturelles, religiöses, juristisches und massenmediales Wesen ist. Jedenfalls ein Wesen, das seine persönlichen Interessen, die nicht immer mit den Interessen der Wissenschaft übereinstimmen, verfolgt und verteidigt. Es hängt allerdings von den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen von Wissenschaft und Forschung ab, wie stark die nichtwissenschaftlichen Aspekte des Forschungshandelns durchschlagen. Das von der gegenwärtigen Politik propagierte Forschungskonzept (Ökonomisierung, Medialisierung, Verrechtlichung, Vergesellschaftung der Wissenschaft) führt nicht zur Stärkung der Eigenwerte des Subsystems Wissenschaft, sondern zum Eindringen systemfremder Werte und falscher Anreize, die die Fähigkeit dieses Subsystems zur Erreichung seiner internen Ziele (valide Information) vermindern.

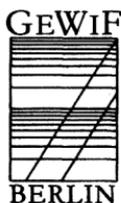
Wie im Akt des Erfindens, dem kreativen Moment, so spielen auch bei der Rezeption von Neuerungen kleine Zufälle manchmal eine ausschlaggebende Rolle für das weitere Geschehen. Zufälle entscheiden darüber, welche von zwei oder mehr möglichen Trajektorien der Rezeptionsprozess einschlägt. Das ist nicht nur in der Wissenschaft so. Auch in der Entstehungsgeschichte vieler jetzt großer Konzerne gab es Situationen, wo die weitere Entwicklung „auf der Kippe“ stand und eine zunächst in ihrer Tragweite gar nicht abschätzbare Entscheidung eines der Beteiligten dafür sorgte, dass sich die Dinge positiv oder negativ weiterentwickelten. Der Aufstieg von Microsoft³¹ oder Google und der Untergang von AEG oder Borgward zeigen dies deutlich.³² Die gleichen Muster findet man aber auch in bestimmten Phasen des politischen und ökonomischen Zusammenbruchs von Staaten³³ oder in militärischen Schlachten.³⁴

31 Insbesondere die Geschichte seines Betriebssystems MS-DOS wäre hier zu analysieren. Hätte die Xerox Corporation ihren frühen Technologie- und Wissensvorsprung im Bereich Netzwerke, Pulldown-Menüs und Bildschirmsteuerung genutzt, wäre vermutlich sie anstelle von Microsoft Marktführer bei Betriebssystemen geworden. Aber die Manager von Xerox waren nur an Kopierern interessiert und erkannten die Zeichen der Zeit nicht.

32 Schöpfer und Zerstörer. Große Unternehmer und ihre Momente der Entscheidung. Hrsg. v. Uwe Jean Heuser u. John F. Jungclaussen. Reinbek 2004.

- 33 Etwa im gescheiterten Militärputsch in der Sowjetunion Mitte der neunziger Jahre, beim Fall der Berliner Mauer. Hier waren der Faux-pas von Günter Schabowski in seiner Pressekonferenz und die eigenmächtige Öffnung der Grenze durch die Verantwortlichen weniger Grenzübergänge die „kleinen Ursachen“, die eine große Wirkung hervorbrachten.
- 34 Etwa bei der Invasion in Frankreich im Jahre 1914 nach dem modifizierten Schlieffen-Plan, bei der „Sichelschnitt“-Offensive in Frankreich im Jahre 1940 oder beim knappen Entkommen der Briten in Dünkirchen, etc.

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Heinrich Parthey
Günter Spur (Hrsg.)

**Wissenschaft und Technik
in theoretischer Reflexion**

**Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 2006**

Mit Beiträgen von:

*Gerhard Banse · Klaus Fischer
Klaus Fuchs Kittowski · Siegfried Greif
Karlheinz Lüdtke · Heinrich Parthey
Günter Spur · Rüdiger Wink*



PETER LANG

Frankfurt am Main · Berlin · Bern · Bruxelles · New York · Oxford · Wien

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <<http://www.d-nb.de>> abrufbar.

Gedruckt auf alterungsbeständigem,
säurefreiem Papier.

ISBN-10: 3-631-55523-7
ISBN-13: 978-3-631-55523-1

© Peter Lang GmbH
Europäischer Verlag der Wissenschaften
Frankfurt am Main 2007
Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages
unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die
Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany 1 2 3 4 5 7

www.peterlang.de