

Dresden, 05. April 2004
Wintersemester 2003/ 04

Technische Universität Dresden
Institut für Geschichte
Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialgeschichte
Dozent: Dr. P. Fässler
Hauptseminar: Der evolutionstheoretische Ansatz in Geistes-,
Gesellschafts- und Wirtschaftswissenschaften

Seminararbeit:

Evolution von Technik - Gerichtetheit von Technikentwicklung?

Sylvia Wölfel
Matr.-Nr.: 2693262
MA : Neuere/ Neueste Geschichte,
Technikgeschichte, Politikwissenschaft
7. Semester
sylvia@doppelzwo.de

1/ Inhalt

1/ Inhalt	2
2/ Einleitung	3
3/ biologische und kulturelle Evolution	4
4/ Modelle zur Erklärung technischen Fortschritts	9
5/ Technische Entwicklung – eine gerichtete Entwicklung?	17
6/ Schlussbetrachtung.....	19
7/ Literatur.....	21

2/ Einleitung

„Those who invoke and heed today’s scientific worldview consider that human history is an indivisible part of natural history of the world. They therefore must grant that human history cannot be divorced from life’s organizing principle, evolution.”¹

Der gegenwärtige Zustand der Welt zeigt eine unübersichtliche Vielfalt von Arten, Verhaltensweisen und Organisationsformen, die in ihrer langfristigen und allumfassenden Entwicklung erklärt werden müssen. Dass die menschliche Geschichte dabei an die biologische Geschichte dieser Erde gekoppelt ist, wird nicht mehr generell bestritten, von Anhängern einer Schöpfungslehre einmal abgesehen. Evolution findet demnach nicht nur in der Natur statt, sondern sie betrifft den Menschen als natürliches Wesen ebenso. Auf jener Grundlage des Entwicklungsgedankens wird es sinnvoll, nach der Wirkmächtigkeit evolutionärer Mechanismen auch in der sozialen, ökonomischen, kulturellen und technischen Umwelt des Menschen zu fragen, ebenso wie nach Strukturen oder Gesetzmäßigkeiten in der menschlichen Geschichte. Zweifel an der Anwendbarkeit einer Theorie, die in der Biologie entwickelt wurde und nun zentrale Fragen der menschlichen Geschichte klären soll, gibt es jedoch viele. Die Individualität und Vielfalt der historischen Wirklichkeit wird gegen die Konzeption einer Evolutionstheorie, welche einen „gleichsam naturnotwendigen Ablaufzwang der Geschichte“² impliziere, in Stellung gebracht. Der Kern dieser Arbeit kann aber nicht die Aufarbeitung jener weitreichenden Debatte sein, sondern soll einem bedeutenden Teilsystem der menschlichen Kultur, der Technik gelten. Ist demnach die Technik selbst evolutionären Entwicklungsmechanismen unterworfen oder unterliegt sie anderen Entwicklungskriterien? Wenn sie sich evolutionär entwickelt, welche Variations- und Selektionsmechanismen greifen auf welcher Ebene der Technikentstehung und -verwendung? Impliziert evolutionäre Technikentwicklung womöglich eine Gerichtetheit, Determiniertheit oder möglicherweise eine Zielbestimmung, ein ideales Endstadium der Entwicklung? Beginnend mit einer Vorstellung verschiedener Theorieentwürfe welche sich mit soziokultureller Evolution beschäftigen, wird ein Einblick in ausgewählte Modelle zur Erklärung technischen Fortschritts folgen, woran sich die entscheidende Frage nach der Gerichtetheit von Technikentwicklung anschließt. Das Konzept der Pfadabhängigkeit von

¹ Naccache, Albert F.H.: A brief history of evolution, in: History and Theory, 38 (1999), 4, S. 10.

² Koselleck, Reinhart: Revolution, in: Otto Brunner/ Werner Conzel/ Reinhart Koselleck (Hg.): Geschichtliche Grundbegriffe, Historisches Lexikon zur politisch-sozialen Sprache in Deutschland, Bd. 5, Stuttgart 1984, S. 751.

Paul A. David, die „großtechnischen Systeme“ von Thomas P. Hughes und die Modelle von sozial konstruierter Technik von Trevor Pinch und Wiebe Bijke sowie der technischen Bahnen werden hierbei betrachtet. Diese Autoren haben in einem zeitlich eng begrenzten Rahmen an einer Innovationsgeschichte gearbeitet und zunächst technische Systeme oder auch einzelne Artefakte in ihrer Entstehung und Durchsetzung auf dem Markt untersucht. Der Innovationsvorgang selbst steht bei diesen Autoren, die oft mit einer ökonomischen Perspektive arbeiten, im Mittelpunkt. Dabei wird bei allen Konzepten der evolutionäre Charakter von Technikentwicklung betont. Abseits der Innovationsgeschichte gibt es eine Vielzahl von Autoren, die sich mit „postmoderner“ Geschichtsschreibung und den wichtigen Begriffen „Struktur“, „Ereignis“ oder „kausaler Zusammenhang“ beschäftigen. Spannend wird es, wenn sich auf sehr abstrakter Ebene mit den Kriterien von biologischer, sozialer oder kultureller Evolution auseinandergesetzt wird. Immerhin fanden sich hier neben den großen Debatten, ob es eine Koevolution von Natur und Kultur geben könne, schon konkrete Hinweise, was die Variations- und Selektionsbausteine einer soziokulturellen Evolution und damit auch einer technischen Evolution sein könnten. Beiträge, die sich ausschließlich mit der Entwicklung von Technik beschäftigen sind dabei aber eher selten.

3/ biologische und kulturelle Evolution

Aufbauend auf den als gesichert geltenden Erkenntnissen über die evolutionäre Verfasstheit der biologischen Welt, dreht sich nun alles um die Frage, ob jenseits dieser natürlichen Sphäre, die vom Menschen geschaffene soziale, kulturelle, ökonomische oder technische Umwelt ebenfalls evolutionären Entwicklungsmechanismen unterliegt.

In einem evolutionären Weltbild ist alles ein Teil einer sich ständig ändernden Welt. Jedoch greift das Bild des stetigen und allumfassenden Wandels allein zu kurz. Zunächst einmal zum Begriff der biologischen Evolution. ‚Evolution‘ bedeutet in einem grob vereinfachten Sinn Wandel über lange Zeit, wobei kumulative Veränderungen zu einer völlig neuen Situation führen, die zudem irreversibel ist. Das Theoriebündel Darwins beinhaltet weiterhin die gemeinsame Abstammung aller Organismen, den Gradualismus, die Vervielfältigung der Arten und das Prinzip der natürlichen Auslese. Evolutionärer Wandel erfolgt durch die Mechanismen der Variation und Selektion. Zuerst entsteht durch den Zufallsprozess der Mutation genetische Variabilität, wobei sich aus der entstandenen Vielfalt der Individuen nur wenige aufgrund der begrenzten natürlichen Ressourcen wieder fortpflanzen können. Der

Transformations- und Speziationsprozess ist dabei auf kein Ziel ausgerichtet und hat keinen vorgegebenen Zweck.³

Jenes erwähnte Auswahlprinzip hatte als ‚survival of the fittest‘ seinen Eingang in sozialdarwinistische Theoriegebäude gefunden, welche besonders zu Beginn des 20. Jahrhunderts wahlweise rassistische oder soziale Überlegenheit wissenschaftlich bestätigen sollten. Abgesehen von den verheerenden Folgen der ideologischen Vereinnahmung im nationalsozialistischen oder auch kolonialistischen Diskurs⁴ wurden damit wissenschaftliche Forschungsarbeiten über einen möglichen Zusammenhang von biologischer und kultureller Evolution für lange Zeit unmöglich. Stets präsent ist die Angst, dass bei einer erneuten Anwendung der Evolutionstheorie als Erklärungsmuster für langfristige Entwicklungsprozesse der menschlichen Geschichte diese Metaphern und Ideen wiederauftauchen. Zudem ist die empirische Basis auf solch einer Makroebene weiterhin mehr als unsicher und es bleibt viel Raum für Spekulation, der kaum durch Quellen oder anderes Archivmaterial verkleinert werden dürfte. Andererseits gibt es verstärkt Versuche, die menschliche Geschichte von den Anfängen bis in die Gegenwart in Worte zu fassen. Das Interesse an der Erklärung langfristiger historischer Wandlungsprozesse wächst. Dabei werden Begriffe wie „Fortschritt“, „Moderne“ oder eine „eingeschriebene“ Überlegenheit der technologisch hochentwickelten westlichen Welt äußerst kritisch gesehen.⁵ „Evolutionäre Entwicklung“ meint nicht das Entfalten eines inhärenten Potentials oder das Aufzeigen eines linearen Fortschrittpfades. In diesem Fall wird mit einer teleologischen Natur des Entwicklungsprozesses argumentiert, die so nicht der Evolutionstheorie eingeschrieben ist, denn diese nennt lediglich die formalen Bedingungen, unter denen sich Entwicklung vollzieht.⁶ Normative Wertungen über ein Ziel oder Zweck der Evolution sind so nicht zulässig und müssen als Deutungen oder Konstrukte bezeichnet werden. Aber bereits die formalen Bedingungen soziokultureller Entwicklung zu bestimmen, gestaltet sich als schwierig. Was sind die kleinsten „Bausteine“? Wo ist der Ansatzpunkt einer Entwicklung, was „mutiert“ und bildet Variationen, aus denen dann ausgewählt wird?

³ Junker, Thomas/ Hoßfeld, Uwe: Die Entdeckung der Evolution. Eine revolutionäre Theorie und ihre Geschichte, o.O. 2001, S. 14, 16ff, 21.

⁴ „Building on well-developed notions of race and racism, the new theory seemed to offer, with a startling finality, a nearly religious vindication of the hierarchy of peoples long assumed by educated Europeans and the superiority of elites demanded by class systems. In America and Europe [...], evolutionary thought helped to breed a nasty fascination with eugenics as social policy.“, vgl.: Shaw, David Gary: The Return of Science, in: History and Theory, 38 (1999), 4, S. 2.

⁵ vgl.: Diamond, Jared: Arm und Reich. Die Schicksale menschlicher Gesellschaften, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 2001; Sanderson, Stephen K.: Social Transformations. A General Theory of Historical Development, Cambridge/ Mass. 1995.

⁶ Cesana, Andreas: Geschichte als Entwicklung. Zur Kritik des Geschichtsphilosophischen Entwicklungsbegriff, Berlin/ New York 1988, S. 4.

Stephen Sanderson arbeitet mit Variationen im menschlichen Handeln und Denken, welche selektiert werden und die im Gegensatz zu spontanen genetischen Variationen in einer bewussten und absichtsvollen Art entstehen. Soziokulturelle Evolution verläuft bei ihm abgekoppelt von der biologischen Evolution. Ihre Wirkmechanismen definiert er als demographische, ökologische, technische und ökonomische Faktoren, jene materiellen Konditionen, die unsere menschliche Existenz bestimmen. Sowohl innergesellschaftliche Kräfte wie auch der Austausch zwischen sozialen Gruppen, Gesellschaften oder Kulturen können Wandel bewirken, der von Sanderson wiederum als ein Prozess steigender Komplexität und Differenzierung beschrieben wird.⁷ Ähnlich den Vertretern von „Memen“, „Kulturgenen“ oder „Konzepten“⁸ als genetische Bausteine, plädiert er für das Konzept der Anpassung als „Vererbungsprinzip“. Akteure des Anpassungsprozesses sind zwar die Individuen, Einheit des sozialen Wandels sind jedoch soziale Gruppen. Erst durch bewusstes Handeln vieler Individuen entstehen Strukturen und soziale Systeme, die sich entwickeln können. Hier findet sich die Dialektik von Struktur und Handeln, die auch von Anthony Giddens formuliert worden ist, um den Einwänden gegen eine strukturalistische Geschichte ohne menschliche Handlungsmacht zu begegnen. Bei ihm ist Gesellschaft das Ergebnis menschlicher Absicht, aber kein beabsichtigtes Projekt.⁹ In diesen Konzepten individuellen Handelns („agency“), wird versucht, das kontinuierliche Zusammenspiel von menschlichen Handlungen und sozialen Strukturen aufzuzeigen. Soziale Strukturen werden geschaffen, stabilisiert, verändert oder beseitigt durch das konzertierte Handeln vieler verschiedener Individuen. Inwieweit diese jedoch frei in ihren Entscheidungen oder in ihrem Willen sind oder doch nur durch bereits vorhandene Strukturen, kulturelle Muster oder ihre biologische Verfasstheit determiniert sind, ist ein Disput, der unter Fachwissenschaftlern andauert und hier nur angesprochen werden kann. Spielt unser Gehirn uns nur eine Willensfreiheit vor oder gibt es in der Tat ein individuelles Bewusstsein mit gewissen Freiheitsgraden?

Soziale Evolution wird als eine Langzeitfolge dieses Zusammenspiels von individuellem Handeln, den intendierten und nichtintendierten Folgen dieser Handlungen und den Kontinuität sichernden sozialen Strukturen verstanden. Die Herausforderung dieser Aussage steckt in der Frage nach der Verbindung von Makro- und Mikroebene, wonach Theorien mit großer Reichweite auch Raum für Kontingenz und Offenheit lassen. Die Versuche des Zusammendenkens von Chaos und Kontinuität im Geschichtsverlauf sind dabei aber nur eine

⁷ Sanderson, *Social Transformations*, S. 7, 10, 14f.

⁸ siehe: Dawkins, Richard: *The Selfish Gene*; Lumsden/ Wilson: *Genes, Mind and Culture*; Hill, J.: „A Model for Social Evolution“, in: *Sociological Analysis*, 1 (1971), S. 61-76.

⁹ vgl.: Sanderson, *Social Transformations*, S. 384.

mögliche Deutung der Vergangenheit, wie es jene ist, die jegliche „Meistererzählung“ ablehnt, da der Geschichte jeder Zusammenhang fehle.¹⁰ Geschichte ist in diesem Fall eine Anhäufung von Ereignissen ohne Regelmäßigkeiten oder Gesetzmäßigkeiten. Gegenpol der letzten Position ist die Annahme einer absoluten Determiniertheit menschlichen Lebens durch biologische oder soziale Faktoren.

Andreas Suter und Manfred Hettling betonen ebenfalls die Wirkmächtigkeit von Ereignissen, die aus der Geschichte einen grundsätzlich offenen und nicht vorhersagbaren Prozess machen. Ereignisse sind aus langfristigen und komplexen Strukturen nicht vollständig zu erklären und sorgen für Strukturveränderungen, die „biologische und soziale Systeme davor bewahren, sich immer wieder selbst zu reproduzieren“.¹¹ Diese Zufallsvariable beschert der Geschichte ihre Einmaligkeit. Wirkmächtige Strukturen sind aber dennoch unverzichtbar für eine Erklärung von Ereignissen. Sie stellen einen Teil des Bedingungsrahmens dar, innerhalb dessen Ereignisse stattfinden und sorgen für jene sozialen und kulturellen Muster, Regelmäßigkeiten sowie Bedingungen möglichen Handelns, welche für das soziale Zusammenleben unverzichtbar sind. Historische Prozesse können aber auch nicht als Vorgänge bezeichnet werden, die sich beliebig oft wiederholen, da sie immer in eine individuelle und hochkomplexe Konstellation von Akteuren sowie technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Umgebungsvariablen eingebettet sind, die ein hohes Maß an Unsicherheit bringen.¹² Ereignisse sorgen für neue Handlungsmöglichkeiten oder Perspektiven, müssen aber als solche gedeutet und erfahren werden, was eine Bedeutungszuschreibung seitens der Betroffenen voraussetzt. Hier finden sich interessante Ähnlichkeiten zu einem Konzept soziokultureller Evolution, welches von William McNeill angesprochen wird. McNeill spricht von neuen Fähigkeiten oder Ideen, die schnelle Verbreitung und strukturverändernden Charakter hatten, wenn sich eine Gruppe oder Gesellschaft darauf einigt, dass sie sich dem bereits Vorhandenen als überlegen erweisen. Bei ihm ist es ein Prozess symbolischer Evolution, der sich nicht wesentlich von biologischer Evolution unterscheidet. Meinungen, Symbole und Wahrnehmungen sind hier die „Gene“ soziokultureller Evolution, die durch gesellschaftliche Aushandlungsprozesse selektiert werden. Technologische Innovationen haben dabei eine große Bedeutung, denn sie sind

¹⁰ Jean-François Lyotard 1979, zit. in: Iggers, Georg G.: *Geschichtstheorie zwischen postmoderner Philosophie und geschichtswissenschaftlicher Praxis*, in: *Geschichte und Gesellschaft*, 26 (2000), 2, S. 335-346; „Because every historical phenomenon has its own particular locus in a particular sociocultural constellation with its own concrete and particular time and history, there is no one transhistorical law or generality that can explain the dynamics of all historical change.“, vgl.: Fracchia, Joseph/ Lewontin, R.C.: *Does Culture evolve?*, in: *History and Theory*, 38 (1999), 4, S. 60.

¹¹ Suter, Andreas/ Hettling, Andreas: *Struktur und Ereignis – Wege zu einer Sozialgeschichte des Ereignisses*, in: *Dies. (Hg.): Struktur und Ereignis*, Göttingen 2001, S. 8f.

ähnlich „ansteckend“ wie Ideen oder Meinungen, wenn sie die Bedürfnisse der Menschen treffen und zu befriedigen vermögen.¹³

Auch Martin Stuart-Fox argumentiert für die Existenz einer soziokulturellen und biologischen Koevolution. Die wesentliche Unterscheidung sieht er in der Entwicklung des menschlichen Bewusstseins als Folge eines zunehmend komplexer werdenden Gehirns. Dies schuf die Kapazität zum Entwerfen alternativer Handlungsszenarios in Problem- oder Entscheidungssituationen für den Menschen und machte ihn in starkem Maße unabhängig von biologisch evolviertem instinktiven Verhalten. Soziokulturelle Evolution baut des Weiteren auf dem Vorgang des Lernens als Mittel zur Weitergabe kulturellen Wissens auf. Mit diesen Vorgaben koppelte sich die soziokulturelle Evolution vom biologischen Kontext ab und entwickelte sich fortan autonom.¹⁴ ‚Gene‘ der soziokulturellen Evolution sind bei ihm Informationseinheiten sowie kognitive Einheiten wie Ideen, Pläne oder Programme. Weitergegeben werden diese ‚Menteme‘ oder Informationsbündel aus einfachen Konzepten oder komplexen Ideen, Werten, Zielen oder Regelsystemen durch verschiedene Formen der Kommunikation. Selektionsfaktoren sind bei ihm unter anderem sozialer Konformitätsdruck, subtile Formen sozialer Macht oder die Konkurrenz verschiedener Ideen, Entwürfe und Programme. Selektion auf der individuellen Ebene geschieht über das Wahrnehmungs- und Erkennungsvermögen eines Menschen sowie über folgende Handlungen, welche in ihrem spezifischen Ausdruck durch den Phänotyp bestimmt werden, in Verbindung mit einer individuellen Art und Weise der psychologischen Bedürfnisbefriedigung.¹⁵ Albert Naccache geht dabei noch detaillierter auf die Behauptung einer autonomen soziokulturellen Entwicklung ein. Durch einen Anstieg des Lebensalters der Menschen und die damit gegebene Möglichkeit des generationenübergreifenden Interagierens und sozialen Lernens hatten jeweilige kulturelle Wissensbestände wie Sprache, Riten oder Werkzeuge individuelle Träger. Sie überlebten den einzelnen Menschen jedoch durch sprachliche oder verhaltensgeprägte Weitergabe und besaßen damit eine gewisse Autonomie. Diese kulturellen Inhalte konnten nun über große geographische Distanzen übermittelt und über kulturelle Praktiken vererbt werden. Parallel dazu wurden natürliche Selektionsfaktoren zunehmend

¹² Cesana, Geschichte als Entwicklung, S. 64.

¹³ McNeill: Passing Strange: The Convergence of Evolutionary Science with Scientific History, in: History and Theory, 40 (2001), 1, S. 7.

¹⁴ Stuart-Fox, Martin: Evolutionary Theory of History, in: History and Theory, 38 (1999), 4, S. 35.

¹⁵ Ders., S. 38ff.

abgelöst, was durch verbesserte Hygiene, medizinische Versorgung oder Bevölkerungswanderung geschah.¹⁶

Die hier vorgestellten Konzepte argumentieren nun überwiegend für die Existenz soziokultureller Evolution, wobei der Grad der Unabhängigkeit von biologischer Evolution sowie die Mechanismen der Entwicklung unterschiedlich bewertet werden. Verschiedene Faktoren des Wandels wurden benannt, wobei das bewusste Agieren des Menschen mit seinen erwähnten Beschränkungen und Freiheiten im Mittelpunkt steht. Dieses führt zu einer zunehmenden Autonomie von biologischen Entwicklungsprozessen und darüber hinaus zu nun technisch möglicher Einflussnahme auf die evolutionär entwickelte Natur des Menschen. Ein bedeutendes Feld menschlicher Kreativität und Einflussnahme stellt dabei die Erfindung, Herstellung und Verwendung von Technik dar. Inwieweit technische Artefakte oder technische Verfahren aber selbst einer Entwicklung unterworfen sind und wie die diskutierten Modelle soziokultureller Evolution auf die Entwicklung von Technik angewendet werden können, wird nun im Modus von Innovationstheorien geklärt werden müssen.

4/ Modelle zur Erklärung technischen Fortschritts

Technik in einem breit angelegten Verständnis besteht nicht nur aus den technischen Artefakten und Verfahrenswissen zur Produktion, sondern aus Wissen, Methoden und Erfolgs- beziehungsweise Misserfolgserfahrungen. Im Kern handelt es sich um ein problemlösendes Verfahren, „[...] bei dem immer unter einer begrenzten Zahl technischer Alternativen und Zukunftsoptionen ausgewählt wird“.¹⁷ Technik ist Bestandteil komplexer sozialer, ökonomischer, politischer und kultureller Zusammenhänge, die Einfluss sowohl auf deren Entstehung als auch Verwendung haben. Die Entwicklung von Technik präsentiert sich dabei als Prozess, der in seiner Komplexität nicht vollständig erklärbar ist und von einer Vielzahl von Akteuren, Meinungen, Einstellungen, Wissensbeständen und weiteren Umgebungsvariablen geprägt wird. Das Zusammenwirken aller Variablen kann dabei nicht erfasst werden und vergrößert den Spielraum für zufällige Ereignisse oder nichtbeabsichtigte Folgen von Handlungen, so dass es auch massive Unsicherheiten im Technikentwicklungsprozess gibt. Grundsätzlich wird er somit als verlaufs- und ergebnisoffen

¹⁶ „All [...] modifications have come about as the result of unskilled and/or experimental repair or adjustment made by *homo sapiens* to basic biological processes.“, vgl.: Naccache, Brief History, S. 22, 26, 28.

¹⁷ vgl.: Wengenroth, Ulrich/ Wieland, Thomas: Pfadabhängigkeiten im deutschen Innovationssystem, in: Forschungsverbund Innovationskulturen in Deutschland. Zusammenfassender Endbericht, noch nicht veröffentlicht, München 2002, S. 768.

charakterisiert, was sich mit einer Geschichte ‚gescheiterter Innovationen‘ gut belegen lässt.¹⁸ Die Liste der technischen Neuerungen, die keine Verwendung fanden, ist lang und zeigt, wie schwer zielgerichtete Forschung und Entwicklung auch in Zeiten industrieller Großforschung ist. Pläne und Zielvorgaben sind allerdings nicht per se zum Scheitern verurteilt, denn dann bräuchten Zukunftsabsichten und unternehmerische Strategien nicht mehr formuliert werden. Warum sollten Unternehmen der Telekommunikationsbranche Milliarden in UMTS-Lizenzen investieren, wenn nicht eine gewisse Aussicht auf Erfolg dieses technischen Standards bestehen würde? Kritisch ist vor allem die Überführung technischer Innovationen in die Anwendung. Wie reagiert der Nutzer, welche Erwartungen an das Produkt hat er und wie kritisch steht er technischen Neuerungen im Allgemeinen gegenüber? An der Hürde der Konsumenten scheitern eine Vielzahl von Erfindungen oder Designs. Erfolgsgarantien gibt es nicht und traditionelle Muster deutscher Innovationstätigkeit, die unter anderem ‚Vorsprung durch Technik‘ propagierten, haben an Boden verloren in einer Welt der semiotisierten Produkte. Die Erfolgsgeschichte eines Produktes wird von Produzenten und Konsumenten gemeinsam geschrieben.¹⁹

Die Existenz wirkmächtiger Strukturen innerhalb technischer Systeme schafft aber ebenso wie in sozialen oder ökonomischen Systemen, Raum für eine gewisse Vorhersagbarkeit von Technikentwicklung. Besonders die Funktionsmechanismen von interdependenten technischen Großsystemen offenbaren Stabilität und Dauerhaftigkeit. Das Funktionieren heute dominanter Netzwerktechnologien wie die Großsysteme der Energieversorgung, der Massenmedien oder des Verkehrs wird zur Voraussetzung für das Funktionieren von sozialer Ordnung, wie auch der stete Fluss von technischen Innovationen zur Voraussetzung für ein Wirtschaftswachstum der Industrienationen geworden ist. Nichtfunktionieren sorgt für Ängste oder massive finanzielle Verluste, wofür die kollektive Hysterie zum Jahreswechsel 1999/2000 oder die öffentlichen Diskussionen um das Mautsystem stehen. Kontinuität wird aber auch über das Selbstbild der Ingenieure als pragmatische und problemorientierte Experten oder über universitäre Ausbildung produziert.

Technikentwicklung findet sich daher in dem Spannungsfeld von Struktur und Ereignis wieder, welches auch schon in den Modellen soziokultureller Evolution angesprochen worden ist. Technik als Produkt menschlicher Kreativität unterliegt dabei einem langfristigen,

¹⁸ siehe: Laak, Dirk van: Weiße Elefanten. Anspruch und Scheitern technischer Großprojekte im 20. Jahrhundert, Stuttgart 1999, S. 117.

¹⁹ Die Entwicklung des Mountainbikes als trendiger Sportartikel wird von Buenstorf als bedeutende „demand-side innovation“ vorgestellt: Buenstorf, G.: *Demand-Side Innovation. The Case of the Early Mountain Bike Industry*, 2000, <http://les1.man.ac.uk/cric/schumpeter/papers/36.pdf>, 10.11.03.

irreversiblen und umfassenden Entwicklungsprozess, der in Phänomenen wie der Technisierung des Alltags oder dem tiefgreifenden Industrialisierungsprozess einen Namen bekommt. Mit einer bloßen Aneinanderreihung von Erfindungen oder Entdeckungen könnten diese Prozesse nicht gedeutet werden, es bedarf der Einordnung in die jeweiligen soziokulturellen, politischen und ökonomischen Bewegungen. Ob dabei nun eher feste Bahnen der Entwicklung kennzeichnend sind oder spontane Entdeckungen und Zufälle, muss dabei aus den jeweiligen Bedingungen ihres Zusammenwirkens in Situationen des Wandels herausgearbeitet werden.

Eine Kausalkette von Erfindung zu Erfindung ist jedoch sehr verbreitet in populären Darstellungen, in denen Technik oft als Akteur oder Antriebsmotor des Wandels bezeichnet wird. Debatten über die Macht der Technik zeichnen entweder ein optimistisches Bild der Fortschrittshoffnung oder ein Düsteres der Unterwerfung unter technizistische Kräfte. Die Erfindung, weltweite Verbreitung und Vernetzung von Computern ist ein Paradebeispiel, für eine technisch bedingte irreversible Veränderung des täglichen Lebens der meisten Menschen.²⁰ Gern wird darauf verwiesen, dass ‚der Computer‘ oder ‚die Erfindung des Druckes‘ die Welt verändert haben. Dadurch wird menschengemachter Technik ein Eigenleben zugeschrieben: “The structure of such popular narratives conveys a vivid sense of the efficiency of technology as a driving force of history: a technical innovation suddenly appears and causes important things to happen. Taken together, these before-and-after narratives give credence to the idea of “technology” as an independent entity, a virtually autonomous agent of change.”²¹ Zudem entzieht sich Technik in einer deterministischen Wahrnehmung zunehmend der menschlichen Kontrolle und wird als unbeherrschbar dargestellt. Diese These von einem eigenständigen Akteur „Technik“, der aus sich heraus Wandel generieren kann, wurde von Kritikern mit Hinweisen auf den sozial konstruierten Charakter von Technik begegnet. Technik könne kein eigenständiger Akteur sein, der zunehmend über das menschliche Schicksal bestimmt, denn die Geschichte der Technik sei eine Geschichte menschlicher Entscheidungen und Handlungen. Menschen sind es auch, die zur Bedürfnisbefriedigung, Problemlösung oder Wissensvermehrung aus einer Vielzahl von bestehenden Varianten bestimmte Produkte oder Verfahrensweisen auswählen.²²

Unbestreitbar ist jedoch auch, dass die vorhandenen technischen Systeme, Wissensbestände und Einstellungen als Vorstellungsrahmen Entscheidungen beeinflussen. Ob dies im Rahmen

²⁰ Smith, Merrit Roe/ Marx, Leo: Introduction, in: Dies. (Hg.): Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism, 4. Aufl., Cambridge/ Mass. 1998, S. ix.

²¹ vgl.: Dies., S. xi.

²² „Die ordnende Hand des Menschen ist offenbar überall dort in Versuchung gewesen, einzugreifen, wo scheinbar mehr aus den vorgegebenen Bedingungen herauszuholen war.“, vgl.: Laak, Weiße Elefanten, S. 194.

von Paradigmen, Pfaden oder Bahnen geschieht, soll nun in den folgenden evolutorischen Modellen zur Erklärung technischen Fortschritts geklärt werden.

4/ 1/ Pfadabhängigkeiten (Paul A. David)

Das Konzept von Pfadabhängigkeiten, welches zunächst in der Ökonomie entwickelt wurde, fand rasche Aufnahme in einen fächerübergreifenden Diskurs zur Bewertung von Organisationen, Regeln und Institutionen. Es baut auf der Feststellung auf, dass Geschichte einen wesentlichen Einfluss auf die heutige Gestalt des ökonomischen Systems hat („history matters“) und dass der Einfluss von einmal getroffenen Entscheidungen in der Vergangenheit auf die gegenwärtige Situation in seiner Wirkmächtigkeit sehr groß sein kann, aber nicht muss.²³

Nach David werden Pfadabhängigkeiten als eine dynamische Eigenschaft irreversibel verlaufender, sich verzweigender Prozesse charakterisiert, wobei sich der Prozessverlauf dabei dauerhaft auf spätere Zustände auswirkt.²⁴ Der Verlauf eines Pfades kann nur historisch begründet werden und nicht aus den zu definierenden Anfangsbedingungen, denn der Prozessverlauf selbst ist grundsätzlich offen und nicht vorhersagbar. Entlang eines Pfades werden zwar ständig alternative Entwicklungsstränge ausgeschieden, doch führt das nicht zwingend zu einer ‚Verengung‘ der Wahlmöglichkeiten. Unvorhergesehene Ereignisse können strukturverändernd wirken, neue Perspektiven eröffnen, für Wandel sorgen und dauerhaft Einfluss auf den Verlauf eines Pfades nehmen, wodurch die historische Entwicklung eines Pfades als kontingent charakterisiert wird. Pfadabhängigkeiten selbst können durch eine wechselseitige Abhängigkeit von Systemkomponenten, positive Rückkopplungseffekte („wachsende Skalenerträge“) und eine entstehende Quasi-Irreversibilität von Investitionen entstehen. Die Formierung eines Pfades ist jedoch noch nicht mit einer normativen Wertung verbunden. Pfadabhängigkeiten mit einem Marktversagen oder einem ‚Lock-In‘ in eine suboptimale Technik gleichzusetzen ist nicht zulässig, da es sowohl zu effizienten als auch zu ineffizienten Resultaten kommen kann.²⁵

Besonders die Irreversibilitäten im Innovationsgeschehen und die Dominanz einzelner Techniken oder Technologien werden mit diesem Konzept der Pfadabhängigkeiten erfassbar. Im Dreiklang von Invention, Innovation und Diffusion im technischen Entwicklungsprozess, wird hier vor allem der Vorgang der Diffusion betrachtet und weniger auf die Entstehungsbedingungen von technischem Wandel eingegangen.

²³ “Allocations chosen today exhibit memory; they are conditioned on past decisions.”; siehe: David, Paul A.: Path dependence, its critics and the quest for ‘historical economics, Oxford/ Stanford 2000, <http://www-econ.stanford.edu/faculty/workp/swp00011.pdf>, 10.11.03, S. 2, 6.

²⁴ Ders., S. 4.

²⁵ Wengenroth/ Wieland, Pfadabhängigkeiten, S. 766.

4/ 2/ Trajectory approach

Technischer Fortschritt wird in diesem ‚Bahnenmodell‘ als ein Prozess betrachtet, in dem Wissenschaft und Technik sowie weitere institutionelle und ökonomische Faktoren interagieren. Es wendet sich ebenso wie die anderen Modelle gegen einseitige Beschreibungen des Innovationsprozesses, die entweder Marktkräfte oder technischen Erfindergeist als alleinige Faktoren der Entwicklung betrachten.

Der Begriff des technischen Paradigmas wird bei Giovanni Dosi in Anlehnung an Thomas S. Kuhns Definition eines wissenschaftlichen Paradigmas eingeführt, um einen Selektionsmechanismus zu beschreiben. Das technische Paradigma als ‚Filter‘ lenkt die Richtung des Denkens von Ingenieuren, von Organisationen und Firmen und entsteht dabei auf der Grundlage von selektiv ermittelten technologischen Problemen, ausgewählten Problemlösungsstrategien, die aus der Wissenschaft kommen und ausgewählten werkstofftechnischen Möglichkeiten. Die Probleme und Lösungswege innerhalb eines Technologiefeldes werden vorgegeben durch die technischen oder ökonomischen Erwartungen und Vorstellungen der beteiligten Akteure sowie deren bisherigen Erfahrungen. Dies kann den Blick auf alternative technische Entwicklungsmöglichkeiten verstellen.²⁶

Es werden demnach Handlungsvarianten oder konkurrierende Paradigmen selektiert, die sich besonders auf den Rahmen der Technikentstehung beziehen. Die Richtung des technischen Fortschritts, der auf abgegrenzten Bahnen ‚trajectories‘ verläuft, wird dann über diejenigen Paradigmen bestimmt, die den Auswahlvorgang überstanden haben. Selektionsfaktoren auf der ‚Bahn‘ einer technischen Neuerung von der Grundlagenwissenschaft über die angewandte Wissenschaft hin zur produktionstauglichen Technik sind mannigfaltige ökonomische, institutionelle und soziale Umgebungsvariablen. Wenn es zu Beginn einer solchen Bahn noch eine große Anzahl von möglichen Entwicklungspfaden gab, werden auf dem Weg zum technischen Produkt zunehmend Pfade verworfen. Das Umschwenken auf einen alternativen Pfad wird dabei immer schwieriger und der Grad an Determiniertheit nimmt zu. Die Überlegenheit einer eingeschlagenen Bahn kann wiederum nur im Rückblick festgestellt werden, da in dem komplexen Zusammenspiel von Wissenschaft, Ökonomie, Technik und Kultur viel Raum für Unvorhergesehenes bleibt.

²⁶ Giovanni Dosi, Definition eines technischen Paradigmas: „ ‚model‘ and a ‚pattern‘ of solution of selected technological problems, based on selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies“, zit. in: Wengenroth/ Wieland, Pfadabhängigkeiten, S. 768.

4/ 3/ SCOT – Social Construction of Technology (Trevor Pinch, Wiebe Bijker)

Innovationen sind in diesem techniksoziologischen Erklärungsansatz das Ergebnis sozialer Aushandlungsprozesse der beteiligten Akteure und Interessensgruppen. Diese versehen Produkte mit Bedeutungen, bestimmen so deren Aussehen, Konstruktion und Verwendung und stabilisieren konkurrierende technische Entwicklungen unterschiedlich stark. Interpretiert wird Technik dabei von den Nutzern, Entwicklern, Kritikern oder Institutionen, die sehr unterschiedliche Vorstellungen haben. Unter vielen möglichen Designs wird mittels der Selektionskriterien Problemlösungskapazität oder bestmögliche Bedürfnisbefriedigung ausgewählt.²⁷ Dabei können verschiedene soziale Gruppen bestimmte Produkte durchaus mit ganz unterschiedlichen Bedeutungen versehen. Wenn Divergenzen über die Deutung von Produkten allmählich verschwinden, kommt es zu einer ‚Schließung‘ des Aushandlungsprozesses. Ein technisches Artefakt gilt in diesem Fall als stabilisiert.²⁸ Soziale und kulturelle Faktoren determinieren somit technischen Wandel und Ursachen für den Erfolg oder den Misserfolg einer Technik sind nicht auf eine inhärente Fortschrittslogik von Technik oder einzelne technische Einflussgrößen zurückzuführen. Der Entwicklungsprozess ist ein ergebnisoffenes Wechselspiel von Variation und Selektion, in dem es viele mögliche Richtungen der Entwicklung gibt. Auch hier gilt, dass eine Linearität technischer Entwicklung immer erst in der Rückschau konstruiert werden kann, da nebeneinander immer mehrere Möglichkeiten der Entwicklung bestanden, was besonders für die Gestaltung oder die Verwendung eines Produktes gilt. Auch das Modell von sozial konstruierter Technik geht dabei von der Existenz eines technologischen Rahmens aus: „Ein technologischer Rahmen setzt sich analog einem wissenschaftlichen Paradigma aus einem Bündel von Theorien, Konzepten, Testverfahren, Wertvorstellungen usw. zusammen und steckt damit gleichsam das Feld möglicher Interpretationen eines technischen Artefakts ab.“²⁹ Im Gegensatz zu dem Begriff des technischen Paradigmas wird hier die soziale Gruppe der Nutzer von Technik mit ihren eigenen Wertvorstellungen und Erfahrungen eingeschlossen. Diese Gruppe besitzt einen ganz eigenen technischen Rahmen und versteht technische Innovationen mit anderen Interpretationen als die soziale Gruppe der Entwickler, was Raum für die Neugestaltung beziehungsweise Umgestaltung von Technik eröffnet. Die soziale

²⁷ „They [Trevor Pinch/ Wiebe Bijker] argue that social, or interest, groups define and give meaning to artifacts. In defining them, the social groups determine the designs of artifacts. They do this by selecting for survival the designs that solve the problems they want solved by the artifacts and that fulfill desires they want fulfilled by the artifacts.” zit. in: Hughes, Thomas P.: *Technological Momentum*, in: Merritt Roe Smith/ Leo Marx (Hg.): *Does Technology drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, 4. Aufl., Cambridge, Mass./ London 1998, S. 103.

²⁸ Wengenroth/ Wieland, *Pfadabhängigkeiten*, S. 772f, 779.

²⁹ Dies., S. 774.

Umwelt von Technikentwicklung ist demnach nicht nur passiver Rezipient, sondern aktiver Gestalter, wodurch sich beide Systeme in ihrer Entwicklung gegenseitig beeinflussen können.

4/ 4/ Großtechnische Systeme (Thomas P. Hughes)

Auch bei Hughes findet sich die Annahme einer sozial konstruierten Technik. Hughes sieht sein Konzept jedoch zwischen den Positionen einer radikal sozial konstruierten Technik und einer deterministischen Technikauffassung.

Die bei ihm betrachteten großtechnischen Systeme sind durch eine hohe Komplexität und hohen Kapitaleinsatz gekennzeichnet, so dass dieses Modell vor allem für die Betrachtung industrieller Technikentwicklung in Frage kommt. Die einzelnen Komponenten eines Systems sind in ihrer Funktionsfähigkeit voneinander abhängig, wobei die Effizienz des Gesamtsystems immer von der gleichmäßigen Weiterentwicklung der einzelnen Komponenten abhängig ist.³⁰ Die soziale Komponente, also zum Beispiel die Schulung von Mitarbeitern an neuer technischer Hardware, ist hier ausdrücklich mit eingeschlossen. Sobald die Entwicklung einer Komponente hinterherhinkt, wird die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems herabgesetzt. Solch ein „reverse salient“ muss möglichst früh erkannt werden und durch stetige Verbesserung und Weiterentwicklung der einzelnen Komponenten innerhalb des bestehenden Systems behoben werden. Ist eine sogenannte konservative Erfindung nicht mehr ausreichend und radikale Lösungen sind erforderlich, kann dies letztlich nur ein konkurrierendes neues System leisten. Dieses Zusammenspiel von Komponenten ist ein Element technischen Fortschritts. Das zweite Element, „technological momentum“ genannt, nimmt Bezug auf die Beobachtung, dass mit steigender Größe und Komplexität von großtechnischen Systemen der Grad an Determiniertheit zunimmt und die Steuerbarkeit sowie die Anpassungsfähigkeit an wechselnde Umweltbedingungen abnimmt.³¹ Die Faktoren für solch ein wachsendes „momentum“ sind mit den von David beschriebenen Bedingungen für einen pfadabhängigen Prozess zu vergleichen. Hughes spricht von steigendem Kostenaufwand für einen Richtungswechsel, von der Aneignung spezifischen Wissens und von einer wachsenden Verzahnung verschiedener Komponenten, was dem technischen Zusammenhang, den wachsenden Skalenerträgen und der Quasi-Irreversibilität von Investitionen ähnelt.³² Die Eigendynamik von Systemtechnik wird zwar betont, aber Hughes

³⁰ Hughes, Technological Momentum, S. 104.

³¹ zu ‚reverse salient‘ und ‚technological momentum‘, siehe: Wengenroth/ Wieland, Pfadabhängigkeiten, S. 776f.

³² Hughes, Technological Momentum, S. 108ff.

geht nicht von einer Autonomie von Technik aus, da sich das technische und das soziale System in ihrer Entwicklung gegenseitig beeinflussen.

5/ Technische Entwicklung – eine gerichtete Entwicklung?

Technikentwicklung ist keine determinierte, durch Eigendynamik vorangetriebene „große Erzählung“, sondern ist geprägt durch einen koevolutionären Wandel, der Kontinuitäten und Brüche enthält, der sich heterogen, auf vielen Ebenen gleichzeitig und ungleichzeitig ereignet.³³

Ergibt die Betrachtung der Technikgeschichte bestimmte Muster der Entwicklung, die auf eine Gerichtetheit hinweisen? Implizieren die betrachteten Modelle technischen Fortschritts mit ihren Bahnen, Pfaden und Paradigmen einen gewissen Determinismus? Obgleich es zu den wesentlichen Eigenschaften evolutionärer Prozesse gehört, verlaufs- und ergebnisoffen zu sein sowie der Zufälligkeit strukturverändernder Ereignisse zu unterliegen, fanden sich doch in allen Modellen immer wieder Hinweise auf eine gewisse Gerichtetheit einzelner Entwicklungspfade. Besonders die Eigendynamik großtechnischer Systeme bei Hughes stützt die Annahme von nur noch schwer zu verlassenden Bahnen der Technikentwicklung.³⁴

Im Modus der Wahrscheinlichkeit können bei einer möglichen Gerichtetheit zwar auch Vermutungen über die Weiterentwicklung eines technischen Systems getroffen werden, doch ist deren Aussagekraft zweifelhaft, da Linearitäten im Innovationsprozess mit seinen vielfältigen Wechselwirkungsprozessen kaum annehmbar sind.³⁵ Linearität ist jedoch ein wirkmächtiges Konstrukt, das zum Beispiel im öffentlichen Bild der „reinen“ Wissenschaft seinen Niederschlag findet. Dieses zeichnet sich durch Gesetze der kumulativen Entfaltung, durch eine inhärente Rationalität und unabdingbare Fortschrittslogik aus. Die Lösung aller gesellschaftlichen Probleme durch Technik und Wissenschaft wurde propagiert und schien machbar. ‚Big Science‘ schien das Schlagwort einer neuen Epoche technisch-wissenschaftlicher Spitzenleistungen. Von der Grundlagenforschung bis in die Anwendung sollten Ideen planmäßig in technische Innovationen überführt werden, was schließlich erstmals mit gigantischem finanziellen und personellen Aufwand im Manhattan-Projekt

³³ Nowotny, Helga: Der Paradigmenwechsel des Fortschritts: Zur Dynamik der Wissenschaftsentwicklung heute, in: Evelyn Schulz/ Wolfgang Sonne (Hg.): Kontinuität und Wandel: Geschichtsbilder in verschiedenen Fächern und Kulturen, Zürich 1999, S. 157.

³⁴ Inwieweit dabei eine zunehmende Ausdifferenzierung und Komplexität zentrales Merkmal des evolutionären Prozesses ist, wäre in einer Universalgeschichte der Technik zu prüfen; zur Theorie gesellschaftlicher Ausdifferenzierung siehe u.a.: Luhmann, Niklas: Geschichte als Prozess und die Theorie soziokultureller Evolution, in: Karl-Georg Faber/ Christian Meier (Hg.): Historische Prozesse, München 1978 (= Theorie der Geschichte, Bd. 2), S. 436f.

³⁵ Wengenroth/ Wieland, Pfadabhängigkeiten, S. 782.

realisiert wurde.³⁶ Das Ziel waren Fortschritt und allgemeiner Wohlstand, was als ‚Projekt der Moderne‘ erstmals in den 70er Jahren breitenwirksam angezweifelt wurde. Eine bloße Erfolgsgeschichte der Technik wurde angezweifelt, denn die Geschichte einer ‚Fortschrittsspirale‘ unterschlägt die Bedeutung des gesellschaftlichen Kontextes, in den alle Innovationsvorgänge eingebettet sind.³⁷ Technikeuphorie fand seinen Gegenspieler immer auch in Technikkritik und Modernisierungsängsten, dafür stehen die großen gesellschaftlichen Debatten über Sinn und Nutzen von neuer Technik.

Wenn Technikentwicklung im Sinne einer sozial konstruierten Technik nicht ausschließlich unter der Herrschaft unpersönlicher Naturgesetze steht, kann es keine eingeschriebene Fortschrittslogik geben, denn auch die menschliche Geschichte strebt keinem noch zu definierenden Endzustand entgegen. Wie sollte dieser in der existierenden Vielfalt menschlichen Lebens festgelegt werden, in den manchmal divergierenden, manchmal konvergierenden Entwicklungssträngen?

Technikentwicklung scheint zunächst vor allem ein autokatalytischer Prozess zu sein, der Bahnen technischen Denkens schafft und dessen Tempo in einem langwierigen Prozess der Beschleunigung immer weiter zunimmt. Technische Innovationen hängen einerseits von der vorhergehenden Lösung einfacherer Probleme ab und sie ermöglichen andererseits die Entwicklung weiterer Produkte oder Verfahren durch eine Rekombination von neuen Techniken und Werkstoffen. Sowohl Entwicklungssprünge als auch Phasen überwiegend konservativer Weiterentwicklungen des Vorhandenen sind Bestandteil von Technikentwicklung, wobei der Diffusion von Technik eine potentiell größere Bedeutung als der Erfindung selbst zukommt.³⁸ An dieser Stelle klärt sich, ob eine Invention überhaupt erfolgreich in vorhandene Systeme eingebaut werden kann oder sogar ein neues technisches System begründet und damit das Potential zur Veränderung des Lebens vieler Menschen erwirbt.

Erfindungen können dabei das Ergebnis von Bastelfreude und Neugierde einzelner Techniker oder Interessierter sein, bei denen kein bestimmtes Bedürfnis im Vordergrund stand und wo die passende Verwendung erst in einem zweiten Schritt gesucht wird. Oft interessiert sich niemand für diese Erfindungen, wofür die Flut von Patentanmeldungen steht, die es nie zu kommerzieller Verwertung gebracht haben. Ein weiterer Aspekt dieser wenig zielgerichteten Art von Technikentwicklung sind Entdeckungen, die als Abfallprodukte bekannt sind und erst

³⁶ Kaiser, Walter: Technisierung des Lebens seit 1945, in: Hans-Joachim Braun/ Walter Kaiser (Hg.): Energiewirtschaft, Automatisierung, Information seit 1914, unveränd. Neuausg., Berlin 1997 (= Propyläen Technikgeschichte, Bd. 5), S. 512ff.

³⁷ Nowotny, Paradigmenwechsel, S. 144f.

³⁸ Diamond, Arm und Reich, S. 314ff.

später eine Verwendung fanden. Mit der Entdeckung des Rohbenzins als Destillationsprodukt von Erdöl, wusste man zunächst nicht viel anzufangen, bis es als Kraftstoff in Verbrennungsmotoren Verwendung fand.³⁹ Dieser Typus von Erfindungen stellt allerdings die Ausnahme in der heutigen Welt industrieller, außeruniversitärer und universitärer Großforschung dar, die mit den Bedürfnissen der Industrie eng verzahnt ist. Bestimmte Bedürfnisse werden von unternehmerischer oder wissenschaftlicher Seite aufgegriffen, in die Form eines definierten Problems gebracht und oftmals auch mit verschiedenen Lösungsansätzen beantwortet. Dabei werden, wie auch in den Modellen ‚trajectory approach‘ und ‚SCOT‘ angesprochen, ständig Varianten entworfen und wieder verworfen. Resultate sind das Ergebnis des Zusammenspiels von Wissen, Erfahrungen, Werten, Normen und der Vorstellungskraft vieler verschiedener Beteiligten. Angenommen werden Lösungen zudem nur, wenn sie den kulturellen Werten einer Gesellschaft nicht widersprechen oder mit anderen, bereits etablierten Techniken nicht inkompatibel sind.⁴⁰ Bei der Diffusion von Technik müssen Verwendungen ausgehandelt werden, die nicht immer auf das positive Echo von sozialen Gruppen stoßen. Mitbestimmung, Ablehnung oder nichtintendierte Verwendungen sind die Facetten von Diffusion, welche die Zukunft einer ganzen Technologiesparte bestimmen können.

Da Technikentwicklung durch seine soziale, politische und ökonomische Umgebung geprägt wird, aber auf diese wiederum durch seine eigene Entwicklungslogik Einfluss nimmt, kann das Entfalten eines inhärenten Entwicklungsziels unabhängig von gesellschaftlichen Aushandlungsprozessen nicht im Rahmen des Vorstellbaren liegen. Eine Einordnung der Technikentwicklung in eine große Theorie der Bewegungsgesetze kann demnach nicht zielführend sein, auch wenn einzelne Pfade der Technikentwicklung durchaus relativ absehbar sind.

6/ Schlussbetrachtung

Technikentwicklung unterliegt evolutionären Entwicklungsmechanismen, ist dabei aber nicht gerichtet in einem teleologischen Sinne. Es gibt keinen irgendwie gearteten ‚idealen‘ Endzustand, noch eine inhärente Entwicklungslogik der Technik, die sich in einem historischen Prozess entfaltet. Technikentwicklung ist zugleich aber kein beliebiger und damit chaotischer Prozess. Eine Charakterisierung als bloße Aneinanderreihung zufälliger Erfindungen oder Ereignisse könnte dem komplexen Phänomen technischen ‚Fortschritts‘ nicht gerecht werden. Es ist zunächst einmal eine kumulative Entwicklung, die es erlaubt, auf

³⁹ Diamond, Arm und Reich, S. 293, 298.

dem bisher erreichten Wissensstand und den bisher erlangten Produktions-, beziehungsweise Materialmöglichkeiten in Zusammenspiel mit den zunehmend kritischen Konsumenten immer neue Innovationen auszuhandeln und durchzusetzen. Der Verlauf und das Ziel solcher Innovationsprozesse sind offen und mit vielen Unsicherheiten versehen, da eine Vielzahl von Akteuren und Umgebungsvariablen daran beteiligt sind. Im Rahmen eines definierten technischen Systems oder einer technischen Verfahrensweise können sich bestimmte Entwicklungsbahnen, Pfade oder Paradigmen herausbilden, die einen gewissen Grad an Determiniertheit annehmen können und damit auch eine prognostische Qualität erreichen. Diese erwähnten Pfade oder Bahnen sind jedoch nicht vollständig vorhersehbar und meist im Rückblick konstruiert. Technikentwicklung wird damit ein grundlegend kontingenter Prozess, der sich im Zweiklang aus Struktur und Ereignis wiederfindet.

Letztlich bleiben aber mehr Fragen offen als beantwortet und wichtige Aspekte konnten nicht angesprochen werden. Wenn Historiker die Evolutionstheorie als Erklärungsansatz historischen Wandels ablehnen, dann mit dem von mir grob vereinfachten Verweis auf die Andersartigkeit von historischer Entwicklung und biologischer Evolution und die Betonung der Einmaligkeit historischer Entwicklung, die sich nicht in Mustern, Bahnen oder Gesetzen bändigen lässt. Ich sehe die Unvereinbarkeit beider Ansätze nicht, denn oftmals ließen sich die Differenzen auf die zugrundeliegenden Zeiträume reduzieren, ob die Betrachtung von langen Zeiträumen noch empirisch abzusichern sei. Auch Verweise auf die Unvereinbarkeit von Ereignissen und evolutionärer Entwicklung klangen vielmehr nach einem wissenschaftlichen Binnendiskurs als eine ernsthafte Auseinandersetzung mit der Frage, wie viel biologische Theoriebildung eine Menschheitsgeschichte vielleicht braucht. Jenseits dieser Fragen stellt sich die Überlegung, ob die evolutionäre Entwicklung der Menschheit nur eine bestimmte Deutung des historischen Prozesses ist und die Erkenntnismöglichkeiten des menschlichen Gehirns uns kognitive Grenzen setzen, die uns daran hindern, die ganze Komplexität der historischen Entwicklung zu erkennen? Dieses eher erkenntnistheoretische Problem verweist noch einmal darauf, dass ein interdisziplinärer Ansatz dringend nötig wäre, um ein einigermaßen umfassendes Verständnis der Entwicklung des Menschen zu bekommen. In solch einem Ansatz müsste die Geschichte einen wichtigen Platz einzunehmen, da nun mit der Evolutionstheorie eine historische Theorie im Zentrum steht, deren Anwendbarkeit auf allen denkbaren Feldern menschlichen Handelns und Denkens ausprobiert wird, doch müssten dafür erst einmal die (evolutionär) gewachsenen Gräben zwischen den Wissenschaften überwunden werden.

⁴⁰ Ders., S. 290f.

7/ Literatur

- Buenstorf, G.: *Demand-Side Innovation. The Case of the Early Mountain Bike Industry*, 2000, <http://les1.man.ac.uk/cric/schumpeter/papers/36.pdf>, 10.11.03.
- Cesana, Andreas: *Geschichte als Entwicklung. Zur Kritik des Geschichtsphilosophischen Entwicklungsbegriff*, Berlin/ New York 1988.
- David, Paul A.: *Path dependence, its critics and the quest for 'historical economics'*, Oxford/ Stanford 2000, <http://www-econ.stanford.edu/faculty/workp/swp00011.pdf>, 10.11.03.
- Diamond, Jared: *Arm und Reich: Die Schicksale menschlicher Gesellschaften*, 2. Aufl., Frankfurt a.M. 2001.
- Fracchia, Joseph/ Lewontin, R.C.: *Does Culture Evolve?*, in: *History and Theory*, 38 (1999), 4, S. 52-78.
- Iggers, Georg G.: *Geschichtstheorie zwischen postmoderner Philosophie und geschichtswissenschaftlicher Praxis*, in: *Geschichte und Gesellschaft*, 26 (2000), 2, S. 335-346.
- Kaiser, Walter: ‚Technisierung des Lebens seit 1945‘, in: Hans-Joachim Braun/ Walter Kaiser (Hg.): *Energiewirtschaft, Automatisierung, Information seit 1914*, unveränd. Neuausg., Berlin 1997 (= Propyläen Technikgeschichte; Bd. 5), S. 283 – 532.
- Koselleck, Reinhart: ‚Revolution‘, in: Otto Brunner/ Werner Conze/ Reinhart Koselleck (Hg.): *Geschichtliche Grundbegriffe, Historisches Lexikon zur politisch-sozialen Sprache in Deutschland*, Bd. 5, Stuttgart 1984, S. 653-788.
- Laak, Dirk van: *Weißer Elefanten. Anspruch und Scheitern technischer Großprojekte im 20. Jahrhundert*, Stuttgart 1999.
- McNeill, William H.: *Passing Strange: The Convergence of Evolutionary Science with Scientific History*, in: *History and Theory*, 40 (2001), 1, S. 1-15.
- Naccache, Albert F.H.: *A brief History of Evolution*, in: *History and Theory*, 38 (1999), 4, S. 10-32.
- Nowotny, Helga: ‚Der Paradigmenwechsel des Fortschritts: Zur Dynamik der Wissenschaftsentwicklung heute‘, in: Evelyn Schulz/ Wolfgang Sonne [Hrsg.]: *Kontinuität und Wandel: Geschichtsbilder in verschiedenen Fächern und Kulturen*, Zürich 1999, S. 143 – 166.
- Shaw, David Gary: *The Return of Science*, in: *History and Theory*, 38 (1999), 4, S. 1-9.

- Stuart-Fox, Martin: *Evolutionary Theory of History*, in: *History and Theory*, 38 (1999), 4, S. 33-51.
- Suter, Andreas/ Hettling, Manfred: ‚Struktur und Ereignis‘, in: Dies. (Hg.): *Struktur und Ereignis*, Göttingen 2001 (= *Geschichte und Gesellschaft*, Sonderheft 19), S. 7-32.
- Wengenroth, Ulrich/ Wieland, Thomas: *Pfadabhängigkeiten im deutschen Innovationssystem*, in: *Forschungsverbund Innovationskulturen in Deutschland. Zusammenfassender Endbericht*, noch nicht veröffentlicht, München 2002, S. 751 – 821.