

Karl H. Müller

Die Konstruktion komplexer historischer Modelle

Second-Order-Explorationen

„Ich habe seiner Erzählung wirklich mit Aufmerksamkeit gelauscht“, erwiderte der Mathematiker, „und ich glaube, daß alles, was er gesagt hat, vollkommen mit der Geschichte übereinstimmt (...)“ – „Sollten Sie denn in der Geschichte ebenso bewandert sein wie in der Mathematik?“ unterbrach ihn der Kabbalist. – „Nicht ganz“, sprach Velasquez, „doch glaubte mein Vater, der (...) alles rechnerisch erfaßte, daß man die Mathematik auch auf die Geschichte anwenden könne, und zwar zur Lösung der Frage, in welchem Verhältnis eingetretene Ereignisse zu denen stehen, die möglich gewesen wären.“

Jan Graf Potocki,

Die Abenteuer in der Sierra Morena oder Die Handschriften von Saragossa

In diesem Heft findet sich bereits eine ganze Reihe von Arbeiten, in denen sich ein radikal konstruktivistischer Blick den vielfältigen Aspekten des Phänomens *called* Geschichte widmet – von der Geschichte des Konstruktivismus bis hin zur Applikation von konstruktivistischen Schlüsseloperationen auf grundlegende historische Prozesse und Begrifflichkeiten. Um Wiederholungen zu vermeiden, sollen andere Schritte gesetzt werden, die im wesentlichen zwei Ziele verfolgen.

Auf der einen Seite wird in einem mehrstufigen methodologischen *Procedere* ein neuartiger Weg beschritten, an dessen Ende bislang kaum genutzte Arbeits- und Werkformen sowohl für modellbasierte Sozial- als auch Geschichtswissenschaften stehen, die das Etikett von Second-Order-Modellierungen zu Recht für sich reklamieren können. Konkret soll aufgezeigt werden, wie sich fernab von den Einlassungen speziell Luhmannscher Observanz einige wichtige Themenfelder identifizieren lassen, die im forschungspraktischen Alltag komplexer Modellbildungen vermehrt auftreten könnten und vor allem sollten.

Auf der anderen Seite wird eine Art Einladung an die Geschichtswissenschaft ausgesprochen, sich in der Erklärung historischer Prozesse verstärkt eines Instru-

mentariums zu bedienen, das sich in den letzten beiden Jahrzehnten unter so unterschiedlichen Kennzeichnungen wie Selbstorganisation, Wissenschaft komplexer Prozesse oder dynamische Systeme etabliert hat.¹ In Anlehnung an die mittlere klassische Einladung zur Soziologie von Peter Berger² läßt sich so formulieren: Historians who like to avoid shocking discoveries, who prefer to believe that historical development is just what they were taught in standard textbooks, who like the safety of the rules and the maxims of what corresponding to Alfred Schütz could be called the 'historical world taken for granted', should stay away from the sciences of complexity.

Im Sinne dieser Einladung wird sich im vorliegenden Artikel eine Vielzahl von methodologischen Ausführungen finden, in denen auch für die Geschichtswissenschaften überaus relevante forschungspraktische Implikationen, beispielsweise die Hinweise zur Problematik reversibler und irreversibler historischer Prozesse, thematisiert werden sollen.

1. Komplexe historische Modelle – eine Zusammenfassung

Zunächst sollen einerseits der momentane *state of the art* im Bereich komplexer Modellierungen zusammengefaßt und andererseits kurze Hinweise auf die prinzipielle Möglichkeit der Applikation solcher Modellklassen auf historische Prozesse zumeist längerer Dauer gegeben werden. Gemäß dieser doppelten Zielsetzung kann zunächst auf den wissenschaftshistorisch äußerst seltenen Glücksfall hingewiesen werden, daß sich innerhalb des Wissenschaftssystems – weniger erfolgreich in den

1 Vgl. hier nur vier rezente, tendenziell populärwissenschaftliche Übersichten bei Peter Coveney u. Roger Highfield, *Frontiers of Complexity. The Search for Order in a Chaotic World*, New York 1995; Murray Gell-Mann, *Das Quark und der Jaguar. Vom Einfachen zum Komplexen – die Suche nach einer neuen Erklärung der Welt*, München 1994; John H. Holland, *Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity*, Reading 1995; Stuart A. Kauffman, *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*, New York 1995; und die folgenden vier Modellüberblicke bei John L. Casti u. Anders Karlqvist, Hg., *Cooperation and Conflict in General Evolutionary Processes*, New York 1995; Hermann Haken, *Advanced Synergetics. Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices*, Berlin u. a. 1983; Stuart A. Kauffman, *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford 1993; Daniel L. Stein, Hg., *Lectures in the Sciences of Complexity*, Redwood City u. a. 1988.

2 „People who like to avoid shocking discoveries, who prefer to believe that society is just what they were taught in Sunday School, who like the safety of the rules and the maxims of what Alfred Schütz has called the 'world taken for granted', should stay away from sociology.“ Peter Berger, *Invitation to Sociology. A Humanistic Perspective*, New York 1963, 24.

1950er Jahren³ und massiver wie auch ergebnisträchtiger ab den 1970er Jahren – ein bislang noch viel zu wenig bemerkter Integrationsschub ereignet hat, der sich wie von allein, das heißt selbstorganisierend, vollzog. In einer Reihe von vornehmlich naturwissenschaftlichen Disziplinen wurden, als sie vor ähnlichen Problemen wie denen des spontanen Strukturwandels, des Phasenübergangs oder der Identifizierung von komplexen Entwicklungsmustern standen, sehr ähnliche und nicht selten identische formale Lösungen für die jeweils spezifischen Domänen vorgestellt. Was sich über diese vielfältigen und zunächst voneinander isolierten Forschungen herausstellte,⁴ hatte eine ganz spezielle Konsequenz, daß nämlich unter formal gleichartigen Voraussetzungen ein- und derselbe Formalismus beziehungsweise ein- und dieselbe Modellklasse für unterschiedlichste Gebiete angewandt werden kann.

Für die weitere Strukturierung dieses Abschnitts lassen sich dann vier kapitelleitende Fragen stellen, die Stück um Stück abgearbeitet werden sollen: Welche Zugänge für Erklärungen des Strukturwandels oder von Phasenübergängen stehen gegenwärtig zur Verfügung, die als komplexe Modellklassen bezeichnet werden können? Nach welchen Kriterien lassen sich solche komplexe Modellklassen genau identifizieren? Wie lauten ihre wesentlichsten Anwendungsbedingungen? Lassen sich solche Modellsets tatsächlich für historische Analysen von gesellschaftlichen Transformationsprozessen und Strukturwandel verwenden?

1.1. Komplexe Modelle im Überblick

Der Überblick über die derzeit verfügbaren Modellklassen in Tabelle 1 kompiliert die einzelnen Familien nach Kernbereichen und Forschungsheuristiken.⁵ Bei sämtlichen Modellen findet sich ein offener Verweis (mit dem Kürzel u.a.), alle wollen sich nämlich als Totalentwürfe verstanden wissen, die in verschiedenen Wissenschaftsfeldern uneingeschränkte Gültigkeit beanspruchen: einerseits innerhalb ihrer eigenen Domänen und andererseits in vielen anderen, in denen Fragen des Strukturwandels und der langfristigen Entwicklung eine gewichtige Rolle spielen.

3 Auch aus heutiger Sicht noch interessant gestalten sich etwa die betont interdisziplinär besetzten Macy-Konferenzen, auf denen eine Fülle von Zugängen und Modellierungen für heterogene Gegenstandsfelder vorgestellt und diskutiert wurde; zur Übersicht vgl. vor allem Steve J. Heims, *The Cybernetics Group*, Cambridge, Mass. 1991.

4 Vgl. Wolfgang Krohn, Günter Küppers u. Helga Nowotny, Hg., *Selforganization. Portrait of a Scientific Revolution*, Dordrecht 1990.

5 Zu einer ähnlichen Zusammenstellung vgl. vor allem Rainer Paslack, *Urgeschichte der Selbstorganisation. Zur Archäologie eines wissenschaftlichen Paradigmas*, Braunschweig u. Wiesbaden 1991.

Tabelle 1: Übersicht zu gegenwärtigen komplexen Modellklassen

<i>Gruppen-Bezeichnungen</i>	<i>Kerndomänen</i>	<i>Heuristiken</i>
Adaptive Systeme und Kontrolltheorie	Biologie, Engineering, Ökonomie, Soziologie u.a.	Antizipatorische Systeme; M-R-Systeme (Metabolismus-Repair) u.a.
Autopoiesis	Biologie, Künstliche Intelligenz, Handlungstheorien u.a.	Organisation/Struktur Geschlossenheit, Autonomie; Rekursivität
Chaostheorie	Dimensionentheorie Meteorologie u.a.	Strange Attractors; Mandelbrot-Menge; Julia-Menge u.a.
Classifier-Systeme und evolutionäres Programmieren	Engineering, Psychologie, Wissenschaftstheorie u.a.	Bucket-Brigade-Algorithms; Crossover u.a.
Dissipative Strukturen	Nichtgleichgewichtsthermodynamik, Chemie u.a.	Störungsparameter; Brüsselator u.a.
Gruppentheorie	Mathematik, Quantentheorie, Chemie, Psychologie, Soziologie u.a.	Operationen, Symmetrioperationen Symmetriegruppen u.a.
Hyperzyklen	Bio-Chemie, Chemie u.a.	eine Familie von nicht-linearen Gleichungstypen u.a.
Katastrophentheorie	Differentialtopologie, Biologie, Soziologie u.a.	eine Familie charakteristischer Gleichungen; Bifurkationstypologie u.a.
Komplexitätstheorie	Computer-Architektur, Künstliche Intelligenz, Linguistik, Biologie, Soziologie, u.a.	Deterministische Turing Maschine, NP-Probleme u.a.
Neuronale Netzwerke	Computer-Architektur, Gehirnforschung, Künstliche Intelligenz u.a.	Backpropagation; Delta Rule u.a.
Populationsdynamiken	Biologie, Verhaltensforschung, Demografie, Soziologie u.a.	Selektionsmodell, Räuber-Beute-Modelle u.a.
Rational Choice und Spieltheorie	Ökonomie, Soziologie, Biologie, Neuro-, physiologie u.a.	Nutzenfunktionen, Strategien, evolutionär stabile Strategien (ESS) u.a.
Synergetik	Laserforschung, Physik Pattern Recognition, Ökonomie, Demografie, Soziologie u.a.	Mastergleichung; Fokker-Planck-Gleichung; Versklavungsprinzip und Kontrollparameter u.a.
Zellulare Automaten	Engineering, Physik, Biologie, Demografie, Soziologie, praktische Philosophie u.a.	Von Neumann-Nachbarschaft Moore-Nachbarschaft u.a.

Bei genauerer Betrachtung der Modellfamilien fällt zweierlei auf. Erstens lassen sich für alle der dort aufgenommenen Modelle Anwendungen identifizieren, die auf den zentralen Gebieten der Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie usw.) wie der Sozialwissenschaften (Ökonomie, Soziologie, Psychologie usw.) angesiedelt sind. Zweitens zeigen alle eine komplexe Struktur, das heißt, die zugrundeliegenden Formalismen und Erklärungs- wie Simulationsmöglichkeiten können nach den herkömmlichen Bewertungen und Maßen als komplex eingestuft werden.

Ein zusätzliches Faszinosum in dieser rapiden Evolution von – grosso modo – evolutionären Modellen liegt darin, daß gegenwärtig zwar explanatorische Rahmenwerke, aber nur ganz wenige Anwendungen aus Beispielen aus den Sozial- oder den Geschichtswissenschaften vorliegen. Die Schere zwischen den potentiellen Erkenntnismöglichkeiten und den aktuellen Applikationen ist groß – und die schnelle Auffüllung der jeweiligen Anwendungsklassen mit möglichst unterschiedlichen Problemtypen wäre ein äußerst fruchtbares und lohnendes Unterfangen. Mehr noch, solche Anwendungen können als äußerst ergebnisträchtige und fruchtbare *catching up*-Strategie qualifiziert werden, die sich für die Sozial- und Geschichtswissenschaften eröffnet hat.

1.2. Anwendbarkeiten auf historische Prozesse

Die Antwort auf die dritte und die vierte Frage kann zunächst darauf verweisen, daß der bisher skizzierte komplexe Modellpool nicht als sozial- oder geschichtswissenschaftliches Universallösungsmittel für alles und jederzeit firmiert, sondern wichtige Grenzen und notwendige Limitationen besitzt. Folgende Faustregel dürfte sich dabei, hier allerdings mit spezieller Betonung sozial- und geschichtswissenschaftlicher Gegenstandsfelder, als nützlich erweisen: Einzelne Elemente aus dem transdisziplinären Modellpool sollten innerhalb der Geschichtswissenschaften vornehmlich dann Verwendung finden, wenn:

erstens historische Prozesse analysiert werden sollen, die sich grosso modo durch Eigenschaften wie Komplexitätszunahmen, spezifische Musterungen, Diskontinuitäten, Nichtlinearitäten, Sensitivität für unter Umständen nur marginal differentielle Startbedingungen, Strukturbrüche und ähnliches mehr auszeichnen, es zweitens gute Gründe dafür gibt, daß diese Attribute nicht über eine zentrale Einheit gesteuert oder geregelt, sondern im wesentlichen durch die Interaktionen der systemischen Komponenten untereinander und im Verbund mit ihrer Umwelt generiert wurden,

drittens wesentliche Eigenschaften, Strukturen, Prozesse oder die *within*-Organisation der jeweiligen Komponenten beobachtbar und das heißt daten- und quellennmäßig rekonstruierbar sind, viertens für den historischen Untersuchungszeitraum vorzugsweise eine Dominanz der internen Dynamik gegenüber den System-Umwelt-Beziehungen konstatiert werden kann, fünftens sich die folgenden zusätzlichen Eigenschaften und Prozesse tendenziell besetzen lassen: Reproduktionsbedingungen, Eigenschaften vorteilhafter oder negativer Komponentenänderungen, sowie interne, systemeigene und externe, umweltinduzierte Störungen, und schließlich sechstens die Identifizierung geeigneter Indikatoren und die faktische Verfügung über diesbezügliche historische Datenmengen über die unter Punkt fünf genannten Bereiche garantiert ist.

Diese sechs Bedingungen markieren aber gleichzeitig auch die Barrieren komplexer Darstellungsweisen innerhalb der Geschichtswissenschaften, die logischerweise überall dort Platz greifen, wo sich historische Erkenntnisinteressen jenseits von Strukturwandlungen und Phasenübergängen manifestieren. Solche höchst legitimen Fragestellungen, beispielsweise die genaue Schilderung biografischer Verläufe, Alltagsgeschichten, die archäologischen Spurensuchen, klassische Darstellungen von außenpolitischen Netzwerken und Beziehungen oder historische Analysen von Institutionen sind jedenfalls für komplexe Ansätze in einem essentiellen Sinne unerreichbar. Darin äußert sich die prinzipielle Unvollständigkeit komplexer Ansprüche innerhalb der Geschichtswissenschaften.

2. Multiple Bausteine, multiple Modelle, multiple Dynamiken

An dieser Stelle könnte der vorliegende Artikel eine eher triviale, weil repetitive Richtung nehmen, indem auf ein konkretes Anwendungsareal geschwenkt, beispielsweise auf die langfristige Entwicklung der nationalen Beschäftigungssysteme im 19. Jahrhundert, die dafür notwendigen Bearbeitungs- und Modellierungsschritte skizziert und die erwartbaren Ergebnisse ausgebreitet würden. Stattdessen wird hier in ein weitgehend unthematisiertes Feld eingeschwenkt, das bislang weder innerhalb der Sozialwissenschaften noch innerhalb der Geschichtswissenschaften problematisiert und konstruktiv erörtert worden ist. Der Schwenk für die erste und tendenziell neuartige Etappe liegt in der Verdeutlichung einer Konfusion, die bislang kaum jene methodologischen Konsequenzen nach sich gezogen

hat, die zu ihrer erfolgreichen Auflösung führen könnten. Die Rede ist von einer ‚realistischen Landnahme‘ von seiten der System- und Modelltheoretiker, die aus Gründen einer einprägsameren Etikettierung als naturalistischer Fehlschuß klassifiziert werden soll: als notwendigerweise fehlgeleiteter Versuch, über System- und Modellbildungen das Ziel zu treffen und ein Abbild oder eine Repräsentation eines Originals herzustellen. Vor einigen Jahren wurde nicht untypischerweise in einer *Presidential Address* von Peter Checkland dieses vorherrschende naturalistische System- und Modellsentiment sehr prägnant zum Ausdruck gebracht.

The process of mapping the abstract concept of ‚system‘ onto aspects of perceived reality has been too successful for the good of the systems enterprise. The success has led to a ubiquitous error which pervades the systems movement and has held up the development of systems thinking in the last twenty years. What has happened is that the success of ‚system‘ in mapping aspects of the world is such that it is used in everyday language in an unreflecting way as if it were a label word for an assumed ontological entity, like ‚cat‘ or ‚table‘. We casually speak of the ‚education system‘, ‚the legal system‘, ‚the health care system‘, as if all these were, unproblematically, systems. Actually, you could justify the use of the words; not ‚the education system‘, but some such phrase as ‚those structures, processes, behaviours and values concerned with the provision of education which I choose to regard as a system‘. But it is still an error to use the same word for an abstract epistemological device and for assumed ontological entities in perceived reality. The error is endemic.⁶

Mit diesem Zitat wurde bislang nur eine endemische Verwechslung konstatiert. Was an dieser Stelle hinzutreten muß, ist ihre radikale konstruktivistische Auflösung, die am besten über jenes konkrete Beispiel bewerkstelligt wird, das zu Beginn der zweiten Etappe erwähnt wurde, nämlich die Analyse von längerfristigen Strukturwandlungen in einem Beschäftigungssystem des 19. Jahrhunderts, und das an dieser Stelle nur knapp beschrieben werden kann.⁷

6 Peter Checkland, *Images of Systems and the Systems Image*. Excerpts from the Presidential Address to ISGSR Budapest June 1987, in: IFSR Newsletter 16 (1987), 2.

7 Detaillierte Darstellungen, allerdings für den Zeitraum von 1950 bis 1990, finden sich in Karl H. Müller, *Langfristige Systemanalyse des österreichischen Beschäftigungssystems*, in: ders. u. Karl Pichelmann, *Modell zur Analyse des österreichischen Beschäftigungssystems*, Wien 1990, 49–169; Günter Haag u. Karl H. Müller, *Employment and Education as Non-Linear Network Populations*, in: Günter Haag, Ulrich Mueller u. Klaus G. Troitzsch, Hg., *Economic Evolution and Demographic Change. Formal Models in the Social Sciences*, Berlin u.a. 1992, 349–407; Karl H. Müller u. Günter Haag, *Strukturwandel von Beschäftigungssystemen*, in: WISDOM 8 (1994), H. 3/4, 38–59.

2.1. Die Evolution von Beschäftigungsentwicklungen

Für den weiteren Artikel wird nur eine äußerst kondensierte Modellbeschreibung benötigt, die über die nachstehenden Erläuterungen und ein Schaubild geliefert wird.

Komponenten stellen Beschäftigungssektoren dar, die durch das Set {Landwirtschaft, Industrie, unternehmensbezogene Dienste, haushaltsbezogene Dienste, Staat, Haushalte} gebildet werden. Dieses Sektorengeflecht erfüllt, was an dieser Stelle allerdings nicht näher begründet werden kann, die Eigenschaft der evolutionär stabilen Klassifikation, da sich ein solches Sektorengeflecht unter manufakturiellen wie handwerklichen Erweiterungen auch für die Zeit seit dem langen 16. Jahrhundert, dem Beginn des modernen sektoralen Differenzierungsprozesses, anwenden läßt.

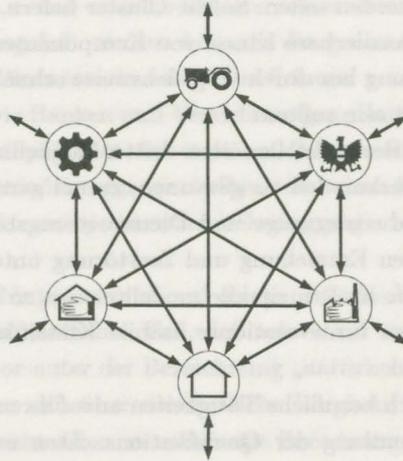
Der Komplex Komponentenänderungen ist ebenfalls knapp zu beschreiben. Durchschnittliches sektorales Wachstum stellt klarerweise die Reproduktionsbedingung schlechthin für Branchen dar. Vertikale und horizontale Differenzierung umreißt die möglichen sektoralen Ausbreitungsprozesse – entweder in Richtung neuartiger Branchen oder von Subsektoren in vor- beziehungsweise nachgelagerten Produktionsbereichen. Multidimensional angelegte Anreize, die alle möglichen Aspekte des Arbeits- und Produktionsprozesses tangieren, Löhne, Einkommen, regionale Beschränkungen, Arbeitsbelastungen, gewerkschaftliche Organisation usw., stecken schließlich den Bereich möglicher komparativer Vorteile ab.

In der allereinfachsten Form wird die nicht-erwerbstätige Bevölkerung als Umwelt eines Beschäftigungssystems zu qualifizieren sein. Und hinsichtlich der System-Umwelt-Relationen lassen sich wenigstens drei grundlegende, für die meisten Systemanalysen des Beschäftigungswesens relevante Strukturierungselemente angeben: erstens, daß Beschäftigungssektoren untereinander über sektorale Migrationsprozesse, das heißt über Binnenwanderungen von einem Sektor zum anderen, verbunden sind; zweitens, daß beschäftigungsrelevante ökonomische, soziale, politische Innovationen die wesentlichste endogene Störung eines Beschäftigungssystems ausbilden; und drittens, daß Sektoren untereinander sich im Modus der Selbstorganisation fort- und weiterentwickeln.

Von hier aus führt ein mittlerweile gut erprobter und ausgetesteter Weg zur Aufstellung eines Sets nicht-linearer Differentialgleichungen, um die langfristige Evolution solcher historischer Beschäftigungsmigrationen zu modellieren und damit den Prozeß des Strukturwandels von Landwirtschaft und Industriesektor zu

erklären. Nach diesen kursorischen Hinweisen kann die eigentliche methodologische Reflexion beginnen.

Schaubild: Die Grundkonfiguration des Beschäftigungsmodells



Die Symbole stehen für (im Uhrzeigersinn): Landwirtschaft, Staat, unternehmensbezogene Dienste, Haushalte, haushaltsbezogene Dienste, Industrie.

2.2. Multiple Modellbausteine und deren vielfältige Eigenschaften

In der Modellierung der Evolution solcher Beschäftigungssysteme aus dem 19. Jahrhundert stellt sich aus methodologischer Sicht ein gewichtiges Gestaltungsproblem, das zumeist ‚sachzwanghaft‘ verschwiegen wird, nämlich die legitime Vielfalt von möglichen Grundelementen oder Bausteinen, mit denen solche Modellanalysen vorgenommen werden können.

Ausgeführt wurde das Modell mit ökonomischen Sektoren, die seit langem in den wirtschaftshistorischen Analysen etabliert sind. Und tatsächlich können solche sektoralen Bausteine hinsichtlich ihres Lebenszyklus, ihrer Vernetzungsdichten – beispielsweise über Input-Output-Matrizen – oder hinsichtlich ihrer Mobilitätsprozesse spezifiziert und datenmäßig erfaßt werden. Zudem sind solche sektoralen Bausteine Gegenstand einer reichhaltigen theoretischen Literatur, in der das irreversible Verschwinden von Landwirtschaft und Industrie und der Aufstieg der

Dienstleistungssektoren das zentrale Entwicklungsmuster darstellen.⁸ Aber damit erschöpfen sich ja die vorhandenen Alternativen nicht, im Gegenteil!

Cluster wurden innerhalb des letzten Jahrzehnts als neue Baustein-Alternative eingeführt,⁹ mit der spezielle Wachstumspole innerhalb der ökonomischen Landschaft hervorgehoben werden sollen. Solche Cluster liefern aber ebenfalls eine historisch prinzipiell instanziierebare Klasse von Komponenten, die zudem von ihrer Beschäftigungsentwicklung her durch vergleichsweise schnelle Prozesse der Agglomeration charakterisiert sein sollten.

Professionen oder Berufe stellen eine dritte Möglichkeit dar, Bausteine für ein dynamisches Netzwerkmodell zu gewinnen, zumal gerade auch Berufe durch die Emergenz neuer Industriezweige und Dienstleistungsbranchen einem ständigen Prozeß der kreativen Entstehung und Zerstörung unterworfen sind. Zusätzlich besitzen auch Berufe im Prinzip alle modellrelevanten Eigenschaften wie beispielsweise Möglichkeiten für evolutionär stabile Klassifikationen, Lebenszyklen und ähnliches mehr.

Schließlich sind noch berufliche Tätigkeiten anzuführen, deren langfristige historische Entwicklung entlang der Qualifikationsachsen oder entlang des Spektrums von manuell zu informationell ebenfalls starken Veränderungsprozessen unterliegt. Auch hierfür wären prinzipiell die benötigten Eigenschaften zuhanden, um ein dynamisches Netzwerkmodell über die Migrationen zwischen unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern aufzustellen.

Ein Punkt sollte noch hervorgehoben werden. Die vorliegenden Alternativen für Bausteine eines Beschäftigungssystems stehen unter der folgenden Partitionierungsrelation: Eine spezielle Dekompositionsperspektive eines ökonomischen Beschäftigungssystems muß hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Entwicklungsmuster als strikt unabhängig von einer alternativen Dekompositionsperspektive angesehen werden. In einer Variation zu Leopold von Ranke sind beide Dekompositionsperspektiven unmittelbar zu sich.

Mit den bisherigen Auflistungen ist aber die potentielle Vielfalt an Komponenten keineswegs erschöpft. Auch innerhalb der einzelnen Alternativen eröffnen sich mannigfaltige Partitionierungsmöglichkeiten, die nur für den sektoralen Bereich näher ausgeführt werden sollen. Denn selbst innerhalb einer sektoralen Zugangsweise stehen mehrere Optionen offen, die vom klassischen Drei-Sektoren-Schema über die neun Sektoren der OECD bis hin zu den 19 Input-Output-Sektoren oder

8 Zu einer kritischen Übersicht vgl. Jonathan Gershuny, *Social Innovation and the Division of Labor*, Oxford 1983.

9 Vgl. Michael E. Porter, *The Competitive Advantage of Nations*, New York 1990.

den 25 Beschäftigungsbranchen des österreichischen Mikrozensus reichen. Darüber hinaus bestehen zwischen diesen vielfältigen sektoralen Separierungen zwei grundverschiedene Relationen.

Im einen Fall lassen sich Teilmengenbeziehungen zwischen diesen Sektorenschemata konstruieren, sodaß einzelne Sektoren einer detaillierteren Klassifikation zu Gruppen zusammengefaßt werden können, die genau den höher aggregierten Sektoren entsprechen. So wäre ein sektorales Schema vorstellbar, in dem niedrig aggregierte Sektoren wie Banken und Versicherungen, Handel, persönliche Dienste und andere genau das Spektrum des tertiären Sektors abdecken. In diesem Fall gilt die Beziehung, daß niedrig aggregierte Bausteine eines ökonomischen Beschäftigungssystems sich zu den entsprechenden höher aggregierten Sektoren zusammensetzen lassen.

Im anderen Fall hingegen muß auf solche Zuordnungen verzichtet werden. Dies gilt schon bei dem einfachen Fall, daß aus einem vorrangigen Umweltinteresse ein spezieller Sektor unter der Bezeichnung „natürliche Ressourcen und Energie“ definiert wird, der sich über die Bereiche Bergbau, Erdöl, Erdgas, Elektrizität und Wasser erstreckt. Hier ist weder eine Zuordnung zu einer Drei-Sektoren-Partitionierung noch zum Neun-Sektoren-Schema der OECD möglich, einfach weil der Sektor „natürliche Ressourcen und Energie“ Teile der OECD Sektoren zwei, drei und vier synthetisiert.

Damit wäre eine weitere legitime Möglichkeit für die „Freiheit des Beobachters“ (Heinz von Foerster) geschaffen worden. Insgesamt ist dadurch allerdings erst der bausteinzentrierte Einstieg in die zu thematisierenden Modellierungsmannigfaltigkeiten erreicht worden.

2.2. Multiple Modellspezifizierungen

Es soll nur eine kleine Systematik dazu präsentiert werden, wie differenziert sich Modellierungen gestalten können, selbst bei gegebenen Modellbausteinen. Wiederum steht eine legitime Vielfalt an Spezifizierungspfaden offen, da gleich drei unterschiedliche und, phrasiert in der Manier von Luhmann, hochriskante Selektionsleistungen zu unternehmen sind.

Externe Selektion: Im konkreten Anwendungsbeispiel wurden Mastergleichungen zur dynamischen Netzwerkspezifizierung herangezogen. Aber im Prinzip stehen dafür unterschiedliche dynamische Modellklassen offen, die von Populationsdynamiken bis hin zu generalisierten Räuber-Beute-Modellen reichen, die allesamt

über Applikationen verfügen, die der Konfiguration eines Beschäftigungssystems nahekommen.

Interne Selektion: An zweiter Stelle läßt sich ausführen, daß auch Mastergleichungen selbst über mehrere grundsätzliche Designs verfügen, die an anderer Stelle detailliert ausgebreitet worden sind.¹⁰ Diese Palette an Optionen muß auf eine einzelne Variante reduziert werden, weil in jeder dieser Grundvarianten jeweils anders gelagerte Datenrecherchen und Modellspezifikationen erforderlich werden.

Spezifizierungsselektionen: Selbst wenn man sich für eines der Mastergleichungsdesigns entschieden hat, stehen noch immer mehrere Möglichkeiten offen, die benötigten Attraktivitäts- und Barrierefaktoren auszuwählen. Selbst eine Festlegung auf einen speziellen Barrierefaktor läßt eine Reihe möglicher Parametrisierungen zu. So kann legitimerweise der Faktor „intersektorale Qualifikationsdifferenzen“ auf verschiedenste Weisen in das Beschäftigungsmodell integriert werden. Und selbst nach einer besonderen Form der Parametrisierung bieten sich unterschiedlichste Schätzverfahren an; von traditionellen Ordinary Least Square-Estimationen bis hin zu loglinearen oder nicht-linearen.

Die bisherige Vielfalt an Modellierungsmöglichkeiten läßt sich im übrigen numerisch etwas eingrenzen. Nimmt man aus Gründen der Einfachheit die Zahl vier als Vielfaltsoperator, dann würden sich (vereinfacht) bislang vier potentielle Bausteine, vier mögliche Partitionierungen innerhalb jedes dieser Bausteine, vier Modellklassen, vier Designs innerhalb jeder dieser Modellklassen, vier Grundspezifizierungen innerhalb jedes Modelldesigns, vier Parametrisierungen für jede dieser vier Grundspezifizierungen und vier Schätzroutinen ergeben, woraus die nicht unerhebliche Zahl von 16.384 potentiellen komplexen Modellen eines historischen Beschäftigungssystems resultiert, von denen bislang im übrigen kein einziges tatsächlich aufgebaut worden wäre. Zudem besitzt diese potentiell hohe Modellvielfalt eine weitere wichtige und auf den ersten Blick unliebsame Konsequenz.

2.3. Multiple Dynamiken

Diese letzte Eigenschaft liegt im trivialen Nachweis, daß die verschiedenen Modellspezifizierungen in der Regel auch unterschiedliche dynamische Entwicklungswege erzeugen. Und das kann gleich auf zweierlei Weise demonstriert werden, nämlich historisch und modellvermittelt. Der historische Part ist über drei Beispiele schnell erläutert.

¹⁰ Vgl. Haag u. Müller, Employment, wie Anm. 7.

Erstens kann und wird die sektorale Evolution, die sich als relativ langsame ‚Landnahme‘ von Industrie und Landwirtschaft vollzieht, durch vielfältige schnelle Prozesse in den Clusterformationen, in den Qualifikationen oder bei den Berufen begleitet sein.

Zweitens erweisen sich die Entwicklungen von Clusterarrangements mit einer Vielzahl an Verschiebungen in der Berufslandschaft oder in den Tätigkeitsfeldern vereinbar. Das Variationsspektrum reicht hier von schnellen oder langsamen Prozessen der Ausbreitung wissenschaftlich-technischer Berufe über eine starke oder nur marginal ausgeprägte Absorptionsleistung seitens der staatlichen Beschäftigung bis hin zu radikalen oder nur geringfügigen Rückgängen in der Anzahl un- und angelernter Tätigkeiten.

Und drittens können selbst in ähnlicher Geschwindigkeit sich vollziehende Sektoren- und Clusterveränderungen durch vielfältige Dynamiken gekennzeichnet sein. So kann beispielsweise ein Wandel von einem Eisen- und Stahl-Cluster zu einem Cluster Anlagenbau im Eisen- und Stahlbereich mit einer Vielzahl an sektoralen Verschiebungen einhergehen, die sich primär an der Entwicklung der übrigen Sektoren und Cluster außerhalb der Bereiche Eisen und Stahl beziehungsweise Anlagenbau orientieren.

Aber die Vielfalt von unterschiedlichen Dynamiken hat auch eine zweite, modellbasierte Seite, die sich unter Umständen darin manifestiert, daß beispielsweise schon geringfügige Änderungen in einzelnen Parametrisierungen zu einem unterschiedlichen langfristigen Systemverhalten führen können.

Kaum finden sich irgendwo methodologische Erörterungen hinsichtlich der Lösung der damit verbundenen Folgeprobleme. Einer der genuinen Vorteile des modellrealistischen Syndroms besteht anscheinend gerade in der selbstverständlichen Blindheit gegenüber Alternativen – und den sich zwangsweise ergebenden Unübersichtlichkeiten. Und mit dieser hier nicht mehr näher ausgeführten fundamentalen Verunsicherung soll denn auch schon diese erste Etappe, nämlich eine modellkonstruktivistische Übersicht an Hand eines konkreten historischen Beispielfalls, abgeschlossen sein.

3. Second-Order-Explorationen

Lassen sich angesichts der legitimen Vielfalt von Bausteinen und Eigenschaften sowie von Modellspezifizierungen und Dynamiken weiterführende und anschlussfähige Bearbeitungen finden, welche diese Vielfalt, *horribile dictu*, zu reduzieren ver-

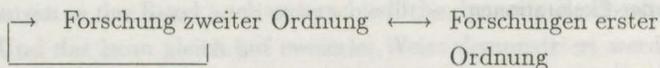
mögen? Nach der Kapitelüberschrift lautet die Antwort – ohne Überraschung –, daß sich solche Forschungswege als Second-Order-Explorationen tatsächlich eröffnen. Zunächst scheint es allerdings angebracht, diesen schillernden Titel über eine selbstreferentiell erweiterte Übersicht von Stuart Umpleby¹¹ etwas zu präzisieren und in einem zweiten Schritt einzugrenzen.

Tabelle 2: Second-Order-Programmatiken

Autor	Programme Erster Ordnung	Programme Zweiter Ordnung
von Foerster	System-Beobachtungen (Observed Systems)	Beobachtungs-Systeme (Observing Systems)
Müller	Selbstbezüglichkeit ausgeschlossen	Selbstbezüglichkeit eingeschlossen
Pask	Modell-Ziele	Modellierer-Ziele
Umpleby	Interaktion der Variablen des Systems	Interaktion zwischen Beobachter und Beobachtetem
Varela	Kontroll-Systeme	Autonome Systeme

Second-Order-Explorationen erfordern die simultane Erfüllung von zwei Bedingungen. Einerseits müssen sich Second-Order-Analysen zu einem bestimmten Bereich wie Evolution, Funktion, Information, Innovation, Kommunikation, Kontrolle, Kreativität, Modellierung, Struktur, Systeme, Verstehen, Wissen, Ziele usw. einer Vielzahl vorhandener Untersuchungen und Zugänge im Bereich von Evolution, Funktion, Information, Innovation, Kommunikation, Kontrolle, Kreativität, Modellierung, Struktur, Systeme, Verstehen, Wissen, Ziele, usw. widmen (Second-Level-Bedingung). Und andererseits muß die Untersuchung selbst jene Eigenschaften und Merkmale zeigen, die sie im Verlauf der Analyse ihres Themenfeldes identifiziert hat (Selbstreferenzbedingung).

Genereller formuliert sollen eine Gehirnforschung zweiter Stufe, eine Biologie zweiter Stufe oder auch Geschichtswissenschaften zweiter Stufe durch folgende heterarchische Konfiguration charakterisiert sein:



11 Vgl. Stuart A. Umpleby, Strategies for Winning Acceptance of Second-Order-Cybernetics, Keynote-Address anlässlich des internationalen Kongresses für Systems, Research, Informatics and Cybernetics, Baden-Baden 1991.

In diesem Sinne sollte beispielsweise eine Second-Order-Theorie der Kreativität genau jene Merkmale aufweisen und jenen Konstruktionsprinzipien folgen, die sie als konstitutiv für kreative Prozesse erster Stufe spezifiziert hat – ein Darstellungsprinzip, dem im übrigen im Rahmen eines früheren Artikels in dieser Zeitschrift entsprochen wurde.¹²

Für Second-Order-Explorationen wird somit eine reichhaltige Forschung erster Ordnung, und das heißt eine Vielfalt an komplexen Modellklassen mit Bausteinen über ein- und denselben Gegenstandsbereich benötigt. Was an dieser Stelle neu hinzutreten kann, ist der Aufweis dreier systematischer Themenfelder, die bislang kaum bearbeitet worden sind und die doch als Kernbereiche einer Geschichtswissenschaft zweiter Stufe zu qualifizieren wären.

3.1. Eigenschaften von Eigenschaften

Eine erste Second-Order-Exploration resultiert aus der folgenden Konstellation: eine größere Zahl an komplexen Modellierungen erster Ordnung und vielfältige Angaben hinsichtlich des Status und der Anpassungsgüte solcher Modelle, ob sie rein explorativen, simulativen Charakter haben oder als historisch konzeptualisiert sind, welche statistischen Testkoeffizienten gegeben sind usw. Unter solchen Voraussetzungen werden sich in der Regel zwei Extremgruppen separieren lassen, nämlich auf der einen Seite eine Gruppe relativ gut angepaßter empirischer beziehungsweise historischer Modelle (Modellgruppe I) und eine Gruppe auf der anderen Seite, in der sich entweder reine Simulationen oder extrem schlecht anpassungsfähige Modellvarianten sammeln (Modellgruppe II). Und die darauf basierende Second-Order-Exploration? Nun, sie wird sich darauf konzentrieren, ob sich signifikante Differenzen zwischen den Eigenschaften der Modellgruppe I und Modellgruppe II identifizieren lassen.¹³ Anders formuliert: Es soll gesucht werden, ob innerhalb der Modellgruppe I spezielle Merkmale gefunden werden können, die hingegen in der Modellklasse II typischerweise nicht vertreten sind.

Solche Analysen tragen legitimerweise das Charakteristikum von Second-Order-Untersuchungen, weil einerseits die Suche nach Eigenschaften von Eigenschaften (Second-Level-Bedingung) am Programm steht und weil andererseits die Resul-

12 Vgl. Karl H. Müller, Sozialwissenschaftliche Kreativität in der Ersten und in der Zweiten Republik, in: Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften 7 (1996), 9–43.

13 Als Musterbeispiel einer solchen Suche nach Eigenschaften von Eigenschaften im Bereich der evolutionären Spieltheorie kann das mittlerweile zum Klassiker gewordene Buch Robert Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, New York 1984, gelten.

tate dieser Eigenschaftensuche zweiter Ordnung wichtige selbstreferentielle Heuristiken offerieren. Ein potentielles Beispiel soll den soeben entwickelten Sachverhalt etwas konkretisieren.

Die Modellklasse I sei – hypothetisch unterstellt – durch verschiedene Verhaltens- und Lernannahmen charakterisiert, denen als gemeinsames Merkmal die Eigenschaft „schwache Rationalitätsannahmen“ zugeschrieben werden kann, das heißt, daß die Verhaltensspezifizierungen von Akteuren keinen Maximierungskalkülen folgen, wogegen solche Optimierungsprozeduren stark innerhalb der Modellklasse II konzentriert sind. Dann ist die Eigenschaft „schwache Rationalitätsannahmen“ nicht nur über ihre dichte Streuung innerhalb der Modellklasse bestätigt (Second Level-Bedingung), sie liefert auch selbstreferentiell eine wichtige Heuristik für komplexe Modellbildungen in der Zukunft. Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit werden auch zukünftige Modelle in der Klasse I durch ebendieses Merkmal der schwachen Rationalitätsannahme charakterisiert sein.

Auf diese und ähnliche Weisen können im Prinzip intersubjektiv sehr gut bestätigbare Eigenschaften von Eigenschaften identifiziert werden, die als essentielle „Prinzipien, Propositionen, Theoreme, Wegweiser, Definitionen, Postulate“¹⁴ für die Konstruktionsprozesse erster Stufe bereitstehen. Wer wüßte wohl nicht gern, welche Modelleigenschaften mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vergleichsweise gut angepaßten Modellen führen? Und wer kann derzeit gerade solche Eigenschaften benennen?

3.2. Dynamiken von Dynamiken

Mit der ersten Analysestaffel wurde so etwas wie die Basis für eine zweite Runde an Second-Order-Explorationen eröffnet. Und dieser zweite Themenbogen möchte primär zwei verschiedene Muster von Dynamiken von Dynamiken entwickeln und vorstellen, die zunächst als kompatible und inkompatible Entwicklungsmuster apostrophiert und über die folgenden beiden Beispiele näher inhaltlich beschrieben werden können.

Inkompatible Dynamiken von Dynamiken: Gegeben sei die Modellklasse I, nämlich das Set an vergleichsweise gut angepaßten komplexen historischen Modellen für den Referenzbereich, die Beschäftigungsentwicklung im 19. Jahrhundert, dann kann das Second-Order-Konzept einer inkompatiblen Entwicklungsdynamik

¹⁴ Heinz von Foerster, Anthologie von Prinzipien, Propositionen, Theoremen, Wegweisern, Definitionen, Postulaten, Aphorismen usw., (unveröff. Manuskript) Pescadero 1997.

über die folgende hypothetische Konstellation erläutert werden. Sektorale und clusterbasierte Modellvarianten indi/uzieren *in the long run* schnelle Strukturveränderungen, Modelle im Bereich der Berufe, der Tätigkeiten sowie der interregionalen Mobilität von Beschäftigten zeigen hingegen ein langfristig nur langsames Adaptionsverhalten. Eine solche Konfiguration erweist sich, aus einer langfristigen Perspektive betrachtet, als unmöglich, weil kein System an sektoralen, clusterbasierten, beruflichen, tätigkeitsrelevanten und migratorischen Veränderungen konstruiert werden kann, das ein solches Muster nachhaltig aufrechterhält. Eine derartige Dynamik von Dynamiken wird als inkompatibel bezeichnet, weil sie langfristig nur durch gravierende Änderungen – entweder durch eine Verlangsamung in den schnellen Strukturwandlungen oder eine Beschleunigung der langsamen – fortgesetzt werden kann.¹⁵

Kompatible Dynamiken von Dynamiken: Ein Dynamikmuster hingegen, das sich – wiederum vor dem Hintergrund der Modellklasse I – durch einen langsamen sektoralen Strukturwandel, aber durch schnelle Veränderungen in den Berufen, den Tätigkeiten, den Clusterformationen und den interregionalen Mobilitäten vollzieht, kann als kompatibel bezeichnet werden, da sich eine solche Dynamik von Dynamiken in vielfältigsten Formen und Variationen auch sehr langfristig reproduzieren kann.

Damit wäre ein zweites überaus lohnendes Feld abgesteckt, in dem sich Second-Order-Analysen ausbreiten könnten und sollten. Und als gar nicht so kühne Vermutung kann zudem ins Spiel gebracht werden, daß sich Untersuchungen hinsichtlich der Dynamik von Dynamiken für die Diagnostik von Brüchen und Diskontinuitäten in historischen Entwicklungsprozessen als äußerst fruchtbar herausstellen sollten. Wer wüßte wohl nicht gern, welche Dynamikmuster als kompatibel, welche als inkompatibel zu bezeichnen wären? Und wer kann derzeit gerade solche Dynamiken benennen?

3.3. Modelle von Modellen

Nach diesen Radtouren in mögliche Dynamikkonfigurationen kann eine dritte selbstreferentielle Erweiterung aufgebaut werden, die ihren Ausgangspunkt an der fol-

15 Zur Erläuterung noch eine Bemerkung: Auch komplexe historische Modelle werden nur für bestimmte und vor allem begrenzte Zeiträume datenmäßig zu erfassen und zu spezifizieren sein. Darüber hinaus kann mit solchen Modellen aber auch längerfristig simuliert werden, woraus sich Rückschlüsse auf das langfristige Modellverhalten ergeben. Und solche Resultate wiederum stehen für die Frage der inkompatiblen und der kompatiblen Entwicklungsdynamiken zur Diskussion.

genden paradoxen Formulierung Heinz von Foersters nimmt: „Die Naturgesetze werden von Menschen geschrieben. Die Gesetze der Biologie müssen sich selbst schreiben.“¹⁶

Modellbasierte Second-Order-Konzepte besitzen laut Heinz von Foerster¹⁷ neben einer therapeutischen begriffsgeschichtlichen Funktion (Wie verlief die Evolution des Konzepts der Evolution?) auch eine direkte modellbezogene Schiene, die über mathematische Probleme der Funktionen von Funktionen bis hin zur Selbstanwendung von Modellen reicht.

Hier soll die prinzipielle Möglichkeit und die forschungspraktische Durchführbarkeit einer widerspruchsfreien Selbstanwendung in der Gestalt eines Modells von Modellen aufgewiesen werden, oder genauer: eines Entwicklungsmodells, das seine eigene Geschichte und Zukunft erklärt und damit in einem essentiellen Sinne sich selbst schreibt. Die zu erklärende Grundfrage lautet: Wie lassen sich über ein komplexes Modell die Diffusionsprozesse und die zukünftigen Diffusionschancen komplexer Modelle in den Geschichts- und Sozialwissenschaften erklären? Nicht mehr als drei Schritte – samt den dazu notwendigen, aber im Prinzip leistbaren Datenrecherchen – wären für eine Antwort erforderlich.

Der erste Schritt besteht lediglich darin, beispielsweise das Netzwerkmodell des Schaubilds als wissenschaftsdynamisches Modell zu spezifizieren, in dem anstatt Firmen und Sektoren eben Forschungseinheiten in speziellen kognitiven Konfigurationen als Basiselemente aufgebaut werden: Forschungseinheiten wechseln, so die Grundspezifizierung, zwischen den Knoten dieses Netzwerks, neue Forschungseinheiten ordnen sich einem dieser Knoten zu, manche bestehende Unit wird für immer geschlossen.

Die zweite Etappe sieht die an sich aufwendige empirische Arbeit der Klassifizierung von Forschungseinheiten vor, da eine Zuordnung von deren Outputs gefordert wird. Im gegenständlichen Fall werden, um eine selbstreferentielle Schließung zu erreichen, die Diffusionschancen komplexer Modelle innerhalb der Sozial- und Geschichtswissenschaften zu thematisieren sein. Die regionale Eingrenzung muß für ein spezielles Gebiet, beispielsweise für den deutschsprachigen Raum, vorgenommen werden. Zeitlich könnte der Rahmen zwischen 1980 und 1997 liegen. Damit kann zu den Output-Zuordnungen von Forschungseinheiten übergeschwenkt werden, die sich primär daran orientieren, ob schwerpunktmäßig auf innovative und

16 Heinz von Foerster, *KybernEthik*, Berlin 1993, 170.

17 So Heinz von Foerster in einem Gespräch im Jänner 1997 in Berlin, wo pikanterweise im Ambiente des Gendarmen-Marktes (!) die Möglichkeiten nicht-obrigkeitlicher Second-Order-Konzepte behandelt wurden.

replikative Art in Kern- oder Peripherbereichen der Geschichts- und Sozialwissenschaften geforscht wird.¹⁸

Der dritte Aufgabenbereich sieht die Spezifizierungen von Bewegungsgleichungen für dieses dynamische Netzwerk vor, und hierbei vor allem die Festlegung von Distanz- wie Attraktivitätsfaktoren.

Auf diese oder ähnliche Weisen könnte dann, ohne sich in Paradoxien oder Widersprüchlichkeiten zu verstricken, ein komplexes Modell für das Diffusionspotential von komplexen Modellen innerhalb der Geschichts- und Sozialwissenschaften geschätzt und getestet sowie mit allerlei selbstreferentiellen Simulationen angereichert werden.¹⁹

Mit diesem Ausblick in die Möglichkeiten „sich selbst schreibender Modelle“ und in eine Reihe von subtilen Problemen und Paradoxien der Selbstanwendung, die sich eindeutig jenseits des Bereichs von selbsterfüllenden oder selbstzerstörenden Prognosen, aber auch jenseits von logischen Widersprüchen aufhalten, soll ein dritter, derzeit noch gänzlich unbesetzter Second-Order-Bereich abgeschlossen werden.²⁰

3.4. Reversibilität und Irreversibilität historischer Prozesse aus Second-Order-Sicht

An dieser Stelle angelangt scheint es sinnvoll, einen für die Geschichtswissenschaften insgesamt konkreteren Abschluß zu suchen, der zudem den Status der bisherigen Ausführungen direkt anwendungsrelevant gestaltet. Und dieser konkrete

18 Für inhaltliche Ausgestaltungen dieser Kriterien vgl. Karl H. Müller, Expeditionen in die Wissenschaftsdynamik, IHS-Research Memorandum 313 Wien 1994; ders., Modelle der Theoriendynamik, in: WISDOM 8 (1994), H. 3/4, 90-109; ders. u. Günter Haag, Complex Modeling with NIS-Data, The Austrian Innovation System, Bd. 5, Projektbericht, Wien 1996.

19 So ließen sich, sofern sich die Distanz- und Attraktivitätsmaße bewährt hätten, Fragen nach den Konturen von Forschungslandschaften beantworten, unter denen eine schnelle Ausbreitung möglich ist oder unter denen eine nicht gelingende Rezeption und Diffusion als Endresultat aufscheint, mithin Forschungsprobleme, deren selbstreferentieller Charakter evident sein sollte.

20 Dasselbe Problem einer unmittelbaren Paradoxienähe resultiert andeutungsweise dann, wenn man die Attraktivitätsgrößen inhaltlich ausgestaltet. So braucht lediglich ein Attraktivitätsfaktor „Problemlösungsfähigkeit“ aufgebaut und parametrisiert werden, so wie es von Larry Laudan vorgeschlagen worden ist (vgl. Larry Laudan, Progress and Its Problems. Toward a Theory of Scientific Growth, Berkeley u.a. 1977; Arthur Donovan, Larry Laudan u. Rachel Laudan, Hg., Scrutinizing Science. Empirical Studies of Scientific Change, Dordrecht u.a. 1988). Dann erhöht ein gelungenes Modell, das seine Nicht-Akzeptanz prognostiziert, die Problemlösungsfähigkeit komplexer Ansätze und muß daher als attraktiver aufscheinen, was im Gegenzug die Wahrscheinlichkeiten für einen Wechsel erhöht.

Schluß resultiert aus der Spannung, die sich zwischen der legitimen Modellierungsvielfalt einerseits und den immer wiederkehrenden Vorstellungen und Visionen von den Irreversibilitäten historischer Abläufe oder, aus der Warte des „großen Attraktors“, dem „Ende der Geschichte“ ergibt.²¹ In diesem Sinne soll im weiteren nach den allgemeinen Bedingungen für irreversible Prozesse in beliebigen Systemen gesucht – und deren Relevanz und Bedeutung angesichts der unaufhebbaren Modellierungsmannigfaltigkeiten eingeordnet und bewertet werden. Den Anfang für die weiteren Ausführungen markieren einige Spezifika der geschichtlichen Welt – hier allerdings eingeschränkt auf langfristige Strukturwandlungen in großen sozioökonomischen Ensembles der Vergangenheit – und die damit eng verwobene Frage, ob sich angesichts dieser Besonderheiten überhaupt eine historische Irreversibilitätsproblematik stellen kann.

Als erste Eigenart historischer Gegenstandsbereiche kann – ungeachtet neuerer Einlassungen von rekursiv geschlossenen und zustandsdeterminierten sozialen Systemen – ihre grundlegende Offenheit angeführt werden: Wie immer man historische Systeme eingrenzen möchte, ob im kleinen regionalen Maßstab, ob auf nationalstaatlichen Niveaus oder ob auf dem Level des Weltsystems, sie werden sich in den Dimensionen des Material- und des Energietransports als offen herausstellen – selbst die Perspektive des Raumschiffs Erde hat zum Resultat, daß die Energieeinstrahlung von außen mit rund 10^{14} kW weit mehr als das Hundertfache des terrestrischen Primärenergieverbrauchs darstellt.²² Aber das Charakteristikum der Offenheit ändert nichts an der Möglichkeit, notwendige und hinreichende Bedingungen für irreversible Prozesse zu spezifizieren. Mehr noch, es könnte sogar gezeigt werden, daß offene Systeme diskreter zeitlicher Natur durch äußere Perturbationen erst auf irreversible Bahnen bewegt und daß auch in offenen Systemen mit kontinuierlicher Zeit durch spezielle Störungen von außen eine nicht-invertierbare Evolution induziert werden kann.²³

Das zweite Charakteristikum historischer Gegenstandswelten betrifft deren unterstellbare Komplexität, welche die Identifizierung von irreversiblen Dynamiken nicht nur erschweren, sondern effektiv verunmöglichen könnte. Denn Komplexität kann im Falle der gesuchten Irreversibilitätsbedingungen im wesentlichen zweierlei bedeuten: Einerseits können sich historische Prozesse nur als ungenau meßbar her-

21 Vgl. Francis Fukuyama, *Das Ende der Geschichte. Wo stehen wir?*, München 1992.

22 Vgl. Bruno Fritsch, *Wachstumsbegrenzung als Machtinstrument*, Stuttgart 1974, 77.

23 Zu diesem Punkt vgl. insbesondere Michael C. Mackey, *Time's Arrow: The Origins of Thermodynamic Behavior*, New York u.a. 1992, 115 ff.

ausstellen – das Problem des *coarse graining*²⁴; andererseits könnte nur ein echtes Subset an relevanten Größen überhaupt erfaßt werden – das Problem der *traces* oder Spuren. Aber wiederum verstellt der Sachverhalt einer nicht völlig reduzierbaren Komplexität historischer Gegenstandsfelder nicht die generelle Möglichkeit, die Konsequenzen unvollständiger Information für die Irreversibilitätsbedingungen genau anzugeben und zu spezifizieren.²⁵

Und drittens kann schließlich die unaufhebbare Beobachterabhängigkeit in der Beschreibung historischer Prozesse ins Treffen geführt werden, wodurch sich die Suche nach irreversiblen Prozessen schon deswegen erübrigen könnte, weil bei einer Wahl von alternativen Grenzen und Partitionierungen immer auch gegenläufige Prozeßmuster gefunden werden. Speziell dieser letzte Punkt betrifft aber nicht mehr allein den historischen Bereich, da er stärker epistemologischer Natur ist – und auch mit gleicher Schärfe für die Beschreibung und Erfassung natürlicher Systeme gilt. Und deswegen kann auch generell ins Treffen geführt werden, daß die zentrale Frage ja in der Erfüllung der notwendigen und hinreichenden Irreversibilitätsbedingungen besteht und die Möglichkeiten alternativer Beschreibungen für die Entscheidung und Beurteilung dieses Problems im Grunde genommen irrelevant sind.

Könnten die ersten drei Charakteristika historischer Prozesse die Bedingungen der Möglichkeiten von Irreversibilitäten nicht tangieren, so muß erstmals an dieser Stelle auf eine erste Hauptschwierigkeit in der Konstruktion von historisch irreversiblen Prozessen hingewiesen werden. Denn die Standarddefinitionen für schwach oder stark irreversible Prozesse lauten:

Zweiter Thermodynamischer Hauptsatz

Schwache Form:

$-\infty < S_{TD}(t_0) \leq S_{TD}(t) \leq 0$ für alle $t_0 < t$ und es existiert ein Set an Gleichgewichtsentropien $\{S_{TD}^*(f)\}$, für die im Fall von $t \rightarrow \infty$ gilt: $S_{TD}(t) = S_{TD}^*(f) \leq \max S_{TD}^*(f)$

24 Vgl. Kenneth u. John S. Denbigh, *Entropy in Relation to Incomplete Knowledge*, Cambridge 1985.

25 Vgl. Mackey, *Time's Arrow*, wie Anm. 23, 103 ff.

Starke Form:

$-\infty < S_{TD}(t_0) \leq S_{TD}(t) \leq 0$ für alle $t_0 < t$ und es existiert ein Grenzwert S_{TD}^* , für den gilt: $S_{TD} = S_{TD}^*$ und darüber hinaus für $t \rightarrow \infty : \Delta S(t) = 0$

In der schwachen Form ist für die im Zeitablauf t_0, t wachsende Entropie eines thermodynamischen Systems S_{TD} , eine Funktion f und ein Grenzwert S_{TD}^* gegeben, der allerdings – in Abhängigkeit von den Anfangsbedingungen – nicht erreicht werden muß. In der starken Form ist für die im Zeitablauf t_0, t wachsende Entropie eines thermodynamischen Systems S_{TD} , eine Funktion f und ein Grenzwert S_{TD}^* gegeben, der unabhängig von den Anfangsbedingungen den maximalen Wert erreicht.

Damit rückt die Frage ins Zentrum, welches Maß ausgewählt werden sollte, mit dem sich irreversible historische Prozesse spezifizieren ließen. Es scheint, daß die Konstruktion eines solchen Maßes im historischen Bereich mit dem folgenden Dilemma oder *trade-off* verbunden ist: Werden hinreichend entropienahe Konzepte – etwa jenes der klassischen Information²⁶ – gewählt, dann ist damit eine maximale Entfernung zu jenen historischen Prozessen verbunden, die als irreversibel ausgezeichnet werden sollen. Die interessierenden Phänomene von Konkurrenz und Innovation im Ökonomischen oder von Parteienwettbewerb im Politischen sind von Fragen der reinen Nachrichtenübermittlung so gut wie vollständig entkoppelt. Andererseits halten sich bereichsnahe Identifizierungsversuche wie Organisations-, Komplexitäts- oder anders definierte Ordnungsgrade in großer bis maximaler Entfernung zum Entropiebegriff auf, da schon auf den ersten Blick sowohl die passenden Metrisierungen als auch die geforderten irreversiblen langfristigen Verlaufsmuster fehlen.

Stellt die Identifizierung eines entsprechenden Maßes die erste und wahrscheinlich sogar unlösbare Schwierigkeit für die Behauptung historisch irreversibler Prozesse dar, kann zweitens auf ein weiteres Grundproblem hingewiesen werden, das am ehesten als Spezifikationsproblem charakterisierbar wäre. Umkehrbarkeit oder Invertierbarkeit wird man einem historischen dynamischen System S_t im Phasenraum X dann attestieren, wenn für alle Transformationen $S_t: X \rightarrow X$ gilt:

$$S_0(x) = x \quad (1.REV)$$

$$S_t(S_{t'}(x)) = S_{t+t'}(x) \text{ für } t, t' \in R \text{ oder } Z. \quad (2.REV)$$

²⁶ Vgl. Claude E. Shannon u. Warren Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, Champaign Illinois 1949.

Für eine irreversible Dynamik hingegen lauten die beiden Bedingungen:

$$S_0(x) = x \quad (1.IRREV)$$

$$S_t(S_{t'}(x)) = S_{t+t'}(x) \text{ für } t, t' \in R^+ \text{ oder } N. \quad (2.IRREV)$$

(Angeführt über die Zahlenräume für reale Zahlen (R, R^+) beziehungsweise für natürliche Zahlen (Z, N)).

Anders ausgedrückt, darf für jeden Zeitpunkt t eine Retrodiktion in die Bereiche $< t$ nicht durchführbar sein. Ohne an dieser Stelle auf weitere und genauere Details für Irreversibilitäten einzugehen, die als notwendige Bedingung über spezielle nicht-invertierbare Operatoren²⁷ und als hinreichende Bedingung über besondere, nämlich exakte Transformationen²⁸ verfügen müssen, läßt sich schon an dieser Stelle die fatale Frage stellen, welche inhaltlichen Gründe dafür ausschlaggebend sein könnten, die speziellen Dynamiken von (1.IRREV) und (2.IRREV) gegenüber den allgemeineren Fällen von (1.REV) und (2.REV) zu präferieren. Da nur spezielle Klassen von partiellen oder zeitverzögerten Differentialgleichungen überhaupt für irreversible Dynamiken in Frage kommen können, sollten sich, so die a priori Erwartung, wegen der Offenheiten und der gerade innerhalb des vorliegenden Artikels thematisierten Modellvielfalten historischer Domänen und deren Beobachterabhängigkeiten keine hinreichend starken Gründe finden lassen, in der Frage der Modellelektion ein und nur ein bestimmtes Set vorzuziehen. Führt man sich nochmals die beispielhaft ausgeführten möglichen wirtschaftshistorischen Modellbildungen als Referenzpunkt vor Augen, so tritt selbst bei identischen Objekt- und Bausteinbereichen eine geradezu berückende Vielfalt an unterschiedlichsten Spezifizierungsheuristiken linearer, nicht-linearer oder unterschiedlich zeitverzögerter Provenienz zu Tage. Es scheint daher wenig Gründe für die Annahme zu geben, daß sich dieses Verhältnis im Falle der Irreversibilitätsthematik grundlegend anders gestalten würde.²⁹

Summarisch wird man daher vorläufig davon ausgehen können, daß die historisch gerne zugrundegelegten eisernen Trendmuster von den evolutionär kreativen Zerstörungen und innovativen Neuaufbauten, von den immerwährenden Differenzierungen und Spezialisierungen, von den fortschreitenden Säkularisierungen und Entzauberungen, von den zunehmend immateriellen Umbrüchen in den Werte-

27 Vgl. Mackey, *Time's Arrow*, wie Anm. 23, 21 ff.

28 Vgl. ebd., 89 ff.

29 Vgl. Peter Coveney u. Roger Highfield, *The Arrow of Time*, London 1990; Stephen Savitt, Hg., *Time's Arrows Today*, Cambridge 1994.

sphären, von den Entstandardisierungen von Lebensphasen und dergleichen Welt- oder Gesellschaftsveränderndem mehr zwar als typische Exemplare langfristiger, keinesfalls aber zugleich als Beispiele irreversibler Transformationen dargestellt werden können. Dergleichen gilt auch für modernisierungstheoretische Basisinstitutionen, die ebensowenig als irreversible Errungenschaften qualifiziert werden sollten: weder regional, weder national noch global. Die Redeweise von den Unwiederkehrbarkeiten in der Moderne markiert, genau betrachtet, nichts anderes als einen generellen Mangel an Vorstellungsvermögen, die genauen raumzeitlichen Grenzen und Voraussetzungen von gesellschaftlichen Transformationen zu benennen. Gerade die Erfahrungen mit dem Jahr 1989 sollten zudem hinreichend verdeutlicht haben, daß Überraschungen trotz ihrer seltsamen selbstreferentiellen Eigenschaften einen legitimen Standplatz in der sozial- oder geschichtswissenschaftlichen Forschung okkupieren sollten.³⁰

4. Schluß – Setzungen

Mit diesem Aus- und Fernblick in die möglicherweise Unmöglichkeit von irreversiblen Bewegungen in historischer Zeit wurde mittlerweile überraschend viel an Neuland betreten, gestreift oder zumindest angedeutet, das innerhalb der normalgeschichtlichen Forschung, aber auch innerhalb der Sozialwissenschaften selbst, noch keinen etablierten Stellenwert besitzt. Aber diese Second-Order-Explorationen im Foersterschen Geist haben unter Umständen vor Augen geführt, daß Geschichte nicht nur geprägt ist von dem, was Historiker tun, sondern in ungleich größerem Maße von dem, was sie nicht tun. Und es wäre enorm viel gewonnen, würde der vorliegende Artikel als kleine Topographie davon verstanden werden, was alles nicht gesehen worden ist – und was alles gar nicht gesehen werden kann.

30 Vgl. John L. Casti, *Complexification. Explaining a Paradoxical World through the Science of Surprise*, New York 1994; ders., *Would-be Worlds. How Simulation is Changing the Frontier of Science*, New York u.a. 1997.