SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Erklärung historischer Abläufe mit Computersimulationen

Weber, Karsten

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Weber, K. (2007). Erklärung historischer Abläufe mit Computersimulationen. *Historical Social Research*, *32*(4), 94-121. https://doi.org/10.12759/hsr.32.2007.4.94-121

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

Terms of use:
This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more Information see:
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Diese Version ist zitierbar unter / This version is citable under:
https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-62855

Historical Social Research, Vol. 32 — 2007 — No. 4, 94-121

Erklärung historischer Abläufe mit Computersimulationen

Karsten Weber *

Abstract: *»Explaining historical processes by means of computer simulations«*. Computer simulations are used in various scientific disciplines – with a raising tendency in the humanities, too. Since one will find a branch of historical research which utilizes the analysis of quantitative data and methods of social sciences or economics, respectively, it is quite obvious to use computer simulations in history. Therefore, in the following text, motivations, aims, constraints, and methodological questions of the application of computer simulations in historical research are discussed on the basis of several examples of simulation of historical processes. It will be concluded that, although there are severe methodological limitations to the application of computer simulations, if the application is carried out carefully and if those limitations are recognized, some important benefits for historical research can be identified.

1. Vorbemerkungen

1.1 Geschichte spielen

Seit geraumer Zeit kann man auf PCs und Spielkonsolen so genannte Aufbausimulationen bzw. Strategiespiele spielen. Gleich wie diese Spiele im Einzelnen heißen, der Inhalt und Ablauf sieht im Grunde immer gleich aus: Ziel ist es, eine Zivilisation aufzubauen und die dort lebenden Menschen von der Urbis in die Jetztzeit oder gar darüber hinaus in eine mögliche Zukunft zu führen. Bei Wikipedia heißt es zum Klassiker dieses Genres:

* Address all communications to: Karsten Weber, Lehrstuhl für philosophische Grundlagen kulturwissenschaftlicher Analyse, Europa-Universität Viadrina, Große Scharrnstraße 59, 15230 Frankfurt (Oder), Germany; e-mail: kweber@euv-frankfurt-o.de; URL: <http://www.kuwi.euv-frankfurt.de/de/lehrstuhl/vs/philosophie/mitarbeiter/weber/index.html>.

> *Sid Meier's Civilization* is a turn based strategy computer game created by Sid Meier for MicroProse in 1991. The game's objective is *'...to build an empire that would stand the test of time'*. The game begins in 4000 BC, and the players attempt to expand and develop their empires through the ages until modern and near-future times. It is also known simply as *Civilization*, or abbreviated to *Civ* or *Civ I*. It is generally acknowledged to be a pioneer in the genre of turn-based strategy games.[1]

Der Aufbau einer Zivilisation geschieht dadurch, dass der Spieler durch seine Spielfiguren Gebäude bauen, Rohstoffe wie Holz, Steine, Eisen oder Gold sowie Nahrung sammeln oder anbauen lässt. In der Regel ist es möglich, bei Vorliegen ausreichender Ressourcen zusätzliche Bewohner der künstlichen Welt zu erzeugen, wobei diese meist unterschieden werden in Bauern, Krieger, Priester und ähnliche. Jede Art von Spielfigur kann nur bestimmte Aktionen durchführen: Bauern bspw. sammeln oder bauen Nahrung an, Krieger wiederum kämpfen. Meist ist es auch möglich, Dinge wie Kanonen, Schiffe und anderes Kriegsgerät zu erzeugen, denn der Aufbau einer Zivilisation geht in diesen Spielen in aller Regel nicht friedlich vonstatten. Entweder man spielt gegen den Computer oder aber gegen einen (oder mehrere) menschlichen Gegner und es ist Ziel, eine vorgegebene Aufgabe als Erster zu lösen: Das kann der Bau von Weltwundern sein, die Entdeckung eines vorgegebenen Teils des Spielfelds, eine bestimmte Menge an Ressourcen zu sammeln oder ähnliche quantifizierbare Leistungen. Das einfachste Ziel ist die komplette Vernichtung des Gegners. Der soziale, wissenschaftliche und technische Fortschritt wird in diesen Spielen in der Regel so modelliert, dass in Abhängigkeit der vorliegenden Ressourcenmenge und des bereits erreichten Zivilisationsstands weitere Innovationen, bspw. bessere Werkzeuge, modernere Waffen etc., oder gar ein Zivilisationssprung ausgelöst werden können. So bewegt man sich mit seiner Zivilisation von der Steinzeit über den frühen Ackerbau, die Antike, das Mittelalter und so fort bis in die Jetztzeit und manchmal sogar darüber hinaus.

Selbstverständlich kann nicht davon gesprochen werden, dass die Spiele dieses Genres historische Entwicklungen adäquat abbilden könnten, denn allein schon die Freiheitsgrade der Spiele sind dazu viel zu gering: Reale Menschen sind hinsichtlich ihrer Fähigkeiten, Tätigkeiten oder Berufe eben nicht nur auf Bauern, Krieger oder Priester beschränkt; Arbeitsteilung in einer realen Gesellschaft ist komplexer; gleichzeitig aber kann ein Bauer, wenn auch schlecht,

---

[1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Civilization_(computer_game)>, [letzer Zugriff: 06.07.2007]. Da 1991 zur Steinzeit der modernen PCs gehört (damals waren so genannte Homecomputer wie ATARI ST oder AMIGA sehr weit verbreitet), ist es fast unmöglich, andere halbwegs verlässliche Quellen als Wikipedia zu finden, um Angaben über solche „alten" Spiele zu bekommen, denn die Hersteller existieren nicht mehr oder bieten schlicht keine Informationen. Weiß (2007: 90) bestätigt die Darstellung von Wikipedia, gibt dafür aber selbst keine Belege an. Folgt man den genannten Quellen, so hat Civilization einen sehr frühen Vorgänger aus den 1970er Jahren, der auf verschiedenen damals verfügbaren Rechnern lief. Weiß (2007: 87 ff.) bietet zudem eine gute Übersicht zu den Abläufen in entsprechenden Simulationsspielen.

kämpfen und ein Krieger, wenn auch schlecht, ein Haus bauen; die Art der Reproduktion in einer realen Bevölkerung basiert nicht nur darauf, dass eine bestimmte Ressourcenmenge vorhanden ist; reale Menschen sterben, wenn keine Nahrung mehr vorhanden ist; moderne Artefakte wie Waffen, Schiffe oder Flugzeuge bestehen nicht nur aus Holz, Metall und Gold – die Liste der Aspekte der unterkomplexen Modellierung realer Gesellschaften in solchen Spielen ist damit sicherlich noch nicht vollständig. Und trotzdem: In diesen Spielsimulationen sind bestimmte Aspekte realer Gesellschaften bereits rudimentär modelliert. Maschinen können nur gebaut werden und Bevölkerungen wachsen nur dann, wenn Ressourcen zur Verfügung stehen; bestimmte technische Innovationen setzen andere existierende Fähigkeiten voraus; Gebäude und Menschen benötigen Siedlungsraum usw. Deshalb liegt die Idee nahe, die Komplexität der Simulationen zu steigern, um auf diese Weise historische Prozesse angemessener zu modellieren. Sollte dies gelingen, so könnte man hoffen, ein „historisches Mikroskop“ zu bauen: ein Untersuchungsinstrument, mit dem historische Entwicklungen mithilfe von Computern und Programmen virtuell nachgebildet und dann beobachtet werden könnten. In gewisser Weise, so könnte man die Hoffnungen in Bezug auf den Einsatz von Computersimulationen in den Geschichtswissenschaften zusammenfassen, wäre damit eine Zeitmaschine realisiert und die direkte Beobachtung historischer Ereignisse möglich.

1.2 Aufbau der Argumentation

Im vorliegenden Text soll diese Nutzung von Computern und Programmen für die historische Forschung im Vordergrund stehen. Die Frage, die behandelt wird, ist jene nach der Möglichkeit, historische Prozesse virtuell auf einem Computer nachzuvollziehen, also zu simulieren, um auf diese Weise ein besseres Verständnis dieser Prozesse zu erlangen. Dabei ist dieses Verständnis nicht mit dem hermeneutisch geprägten „Verstehen“ gleichzusetzen, denn es geht nicht nur darum, bspw. die Motive der historischen Akteure nachvollziehbar zu machen, sondern Simulationen werden als Werkzeuge gesehen, die helfen könnten, eine Erklärung für den Verlauf der historischen Ereignisse zu finden; eine Art der Erklärung, wie sie aus den Sozialwissenschaften und vor allem natürlich in den Naturwissenschaften zu finden ist. Da man die generelle Möglichkeit solcher historischen Erklärungen in Zweifel ziehen kann, muss zunächst auf diese Skepsis gegenüber einer bestimmten Forschungslogik eingegangen werden. Daneben wird es notwendig sein, den Terminus „Simulation“ in Bezug auf die Geschichtswissenschaften etwas genauer zu fassen, da hiermit ganz verschiedene Methoden gemeint sein können. Zuletzt wird es wichtig sein, die methodischen Grenzen und wissenschaftstheoretischen Fallstricke der Nutzung von Computersimulationen zur Erklärung historischer Prozesse aufzuzeigen. Dies wird parallel zur Vorstellung einiger Nutzungsbeispiele gesche-

hen, um Wiederholungen zu vermeiden und konkreter argumentieren zu können.

2. Motivation zur Entwicklung neuer Methoden in den Geschichtswissenschaften

Im Alltagsverständnis sind Historiker Menschen, die in staubigen Archiven nach Dokumenten suchen, um belegen zu können, wie sich die Ereignisse während eines bestimmten Abschnitts der Vergangenheit aneinanderreihen. Norbert Elias (1972: 53) beschreibt diese Sicht so: „Das, was man Geschichte nennt, sieht dann oft so aus, als ob es eine Anhäufung von schlechterdings zusammenhanglosen einzelnen Aktionen einzelner Menschen sei." Doch selbst wenn Historiker Dokumente aufstöbern, erschöpft sich ihre Tätigkeit darin nicht – bzw.: sollte sich nicht darin erschöpfen. Ein Beispiel hierfür könnte die historische Analyse der Phase kurz vor Ausbruch des Ersten Weltkriegs sein: Historiker häufen hier nicht nur historische Fakten an, sondern versuchen zu beantworten, welche Faktoren dazu führten, dass sich die europäischen Staaten und später weite Teile der übrigen Welt in einem mörderischen Krieg wiederfanden (Kurzman 2004: 339 ff.). Wenn man hierauf eine adäquate Antwort finden könnte, so wäre der Nutzen offensichtlich: Zum einen verstünde man dann besser, wie vergangene Konflikte entstanden und könnte daraus möglicherweise lernen, in vergleichbaren Situationen in der Zukunft solche Maßnahmen zu ergreifen, die Konflikte vermeiden helfen. So verstanden ist Geschichtswissenschaft also immer auf zwei Erkenntnisziele ausgerichtet: Erklärung vergangener Ereignisse und Prognose bzw. Vorwegnahme künftiger Geschehnisse (Geiss 1998: 18 f.).[2] Natürlich ist insbesondere die Prognose mehr als problematisch: Mit „Vorwegnahme" soll nicht unterstellt werden, dass die Zukunft determiniert wäre, sondern es geht eher um die Nutzung kontrafaktischer Konditionale (hierzu De Mey 2005: 53 ff.) nach dem Muster: *Was könnte geschehen, wenn diese und jene Situation einträte und die Handelnden diese und jene Aktionen auslösten?* Anwendbar ist das auch auf die Vergangenheit selbst: *Wie wäre die Geschichte verlaufen, wenn dieses und jenes pas-*

[2] Dem hier unterstellten Aufgabenfeld für Historiker kann man sicherlich mit guten Argumenten widersprechen, so bspw. mit dem Hinweis, es ginge in den Geschichtswissenschaften gar nicht um die Unterstützung von Prognosen für die Zukunft oder um die Erklärung vergangener Ereignisse, sondern um das Erzählen einer Geschichte. Diese Diskussion ist nicht neu, siehe bspw. die Texte von Aydelotte (1966) sowie von Briggs (1968) und Hughes (1960), und wird zurzeit erneut geführt angesichts der Konfrontation der Geschichtswissenschaften mit den Kulturwissenschaften, siehe bspw. bei Maset (2002). Wenn man sich Einführungswerke anschaut, die Historikern quantitative Methoden nahe bringen sollen, stellt sich zudem die Frage, worin sich Geschichtswissenschaften dort noch von den Sozialwissenschaften im Allgemeinen und von der Ökonomie im Speziellen unterscheiden, siehe dazu bspw. Feinstein und Thomas (2002).

siert wäre? Dabei ist es nicht notwendig, strikte Gesetzmäßigkeiten zu unterstellen, denn kontrafaktisches Räsonnieren kann sich auf Aussagen beschränken, dass bestimmte zukünftige Entwicklungen bei gegebenen Randbedingungen wahrscheinlicher sind als andere. Aber es ist auch denkbar, tatsächlich von der Existenz historischer Entwicklungsgesetze auszugehen, so bspw. in einer marxistisch geprägten Geschichtsauffassung (siehe bspw. McLachlan 1980; kritisch Popper 1960). Dies läuft darauf hinaus, auch lange Entwicklungslinien als erklär- und voraussehbar aufzufassen. All dies geht weit über das Alltagsverständnis der Geschichtswissenschaft als Sammlung von Quellen über vergangene Zeiten hinaus. Zusammengefasst (Deutsch 1987: IX):

> Philosophers and historians have often tried to think of the world as a whole and envision images of where the world might be going. In antiquity, Zeno the Stoic expected the rise of the World Sate, and in the middle ages, Dante imagined the possibility of a universal monarchy, uniting at least all of Christendom. From the eighteenth century onward, visions of the future became more frequent. Giambatista Vico, Kant, Hegel, Marx, Lenin, Veblen, Wills, Spengler and Toynbee each tried to look into the future for shorter or longer periods.

An diesem Zitat wird eine der gerade skizzierte Zielsetzungen noch einmal deutlich: Vorausschau des Zukünftigen. Dabei traten jedoch, so Karl W. Deutsch, in der Vergangenheit erhebliche methodische Probleme auf, denn die Vorausschau benötigt ein Verständnis der Vergangenheit und Gegenwart (Deutsch 1987: IX):

> They did so by seizing upon some observable aspects of reality, as they saw them, extending them into the future, and combining them with elements from their imagination. They had to combine empirical observation, historically transmitted knowledge, and theoretical speculation. They had to abstract and omit, and often some of the things they omitted were matters of major importance. In many ways, their work was pre-scientific. But they contributed much in the way of pattern recognition, though it was partial, and they left their theories and partial insights as challenges to later generations of social scientists.

Damit sind wir wieder an dem Punkt angelangt, der bereits zum Schluss der Beschreibung der Spielsimulationen angesprochen wurde: Will man an der genannten Zielsetzung der Geschichtswissenschaften – die hier interdisziplinär und weitgefasst verstanden werden – festhalten, so müssen neue Beobachtungsinstrumente entwickelt werden (Deutsch 1987: IX):

> Their work was verbal and qualitative, and their formulations were often vague. They said little about quantity and time – how much seemed likely to happen and how soon. But exactly these matters which they did not, and could not treat, are essential to the development of science, and applied to policy they can be matters of life and death. To make progress in answering these questions, other methods of science, and more caution toward speculation, would be needed.

Folgt man Deutsch darin, dass das Verständnis historischer Abläufe zuweilen über Leben und Tod entscheiden kann, so ist damit eine starke Motivation erkannt, neue Methoden zu entwickeln. Doch Motivation allein reicht nicht aus; es ist notwendig zu erkennen, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit Erklärungen des Vergangenen für die Vorausschau auf Zukünftiges möglich werden.

3. Geschichte erklären

3.1 Verstehen und Erklären: Methodenstreit in den Geschichtswissenschaften

Mit dem Begriff der Erklärung ist wissenschaftstheoretisch eine bestimmte Bedeutung verbunden, die vor allem durch den Gegensatz von *Verstehen* und *Erklären* gekennzeichnet ist. In den Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften wird spätestens seit Beginn des 19. Jahrhunderts über die Dichotomie von Erklären und Verstehen diskutiert (bspw. Dilthey 1993; Meran 1988; Schleiermacher 1993; Seiffert 1992: 17 ff.). Man könnte auch sagen, dass diese Unterscheidung geradezu konstitutiv für die Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften war und oft noch ist bzw. dafür gehalten wird. Mit dieser Dichotomie wird unterstellt, dass Naturwissenschaften zum Ziel hätten, Erklärungen über kausale Mechanismen der Naturphänomene zu liefern, wohingegen Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften danach strebten, soziales Handeln von Menschen zu verstehen. Dabei wird Verstehen im Gegensatz zum Erklären gesehen: Allenfalls sei es möglich, Handeln von Menschen in konkreten Einzelfällen intersubjektiv nachvollziehbar zu machen, indem Motive und Gründe des Handelns aufgedeckt würden, aber es sei nicht möglich, allgemeine Gesetze anzugeben, denen das menschliche Handeln unterläge (siehe bspw. Ineichen 1991: 28 ff.; Haussmann 1991: 88 ff.). Im Grunde kritisiert Deutsch in den oben zitierten Textfragmenten diese Sicht, die oft in Zusammenhang mit den Geschichtswissenschaften auftritt. Wenn also Verstehen im Sinne der Hermeneutik nicht die adäquate Methode ist, sich geschichtlichen Ereignissen zu nähern, muss ein alternativer Forschungsansatz herangezogen werden. Als Quelle anderer Methoden bieten sich die quantitativ ausgerichteten Sozialwissenschaften an. Michael Bentley (1999: 85) beschreibt diese neue Sichtweise auf die richtige historische Methode, deren Aufkommen er im 19. Jahrhundert verortet, mit folgenden Worten:

> Historians should approach the history of society in the way sociologists analysed its present: in accordance with major axes along which all social formations could be placed. Here Durkheim outflanked Marx in regarding the social fabric as so 'real' as to empower the observer to speak of its physical attributes, just as a physicist might talk about the gaseous content of a flask – its

volume, its concentration, the ability of the molecules to communicate energy to one another. Taken together, these and other attributes enabled the analyst to move away from the 'why?' question that turned into a request for information about origins, and turn towards those 'how?' questions that would reveal the *function* of variables within a given social system which would in turn throw up a more satisfying understanding of what it is that compels societies to change and present reasons for not seeing their transitions as arbitrary. In order to unearth these functions the historian must analyse those 'coercive' elements in a society's make-up that exercise obvious control and definition over the individual.

Mit diesem längeren Zitat ist im Prinzip das Programm einer quantitativ ausgerichteten Geschichtswissenschaft bereits vollständig formuliert: Diese soll sich methodisch eher an den Naturwissenschaften bzw. an den quantitativ ausgerichteten Sozialwissenschaften wie der Ökonomie statt an den Geisteswissenschaften ausrichten. Dazu ist dann notwendig, entsprechendes Datenmaterial zu sammeln und mit den entsprechenden Methoden zu bearbeiten. Zwar ist hierbei noch keine Rede von Simulationen, doch für deren Nutzung in den Geschichtswissenschaften ist damit in jedem Fall das Fundament gelegt, denn ohne quantitative bzw. quantifizierbare Daten können Computersimulationen nicht genutzt werden. Das Paradigma einer quantitativ ausgerichteten Geschichtswissenschaft ist daher eine *notwendige* Bedingung für die Möglichkeit der Nutzung von Computersimulationen. Allerdings ist sie keine *hinreichende* Bedingung, und gegen die unkritische Übernahme sozialwissenschaftlicher Methoden in die Geschichtswissenschaften gibt es zudem durchaus Widerstand (Best/Schröder 1988: 241 f.):

Diese Art von Forschung [gemeint ist die Historische Sozialforschung, K.W.] ist weder ‚neopositivistisch', denn sie geht von theoretischen Aussagen aus, noch bedeutet sie einfach eine Ausweitung der Empirischen Sozialforschung in die Vergangenheit, denn die Eigenschaften historischer Daten und die Erfordernisse an Theorien, die gesellschaftliche Sachverhalte in historischer Tiefe erfassen, unterscheiden sich in vieler Hinsicht von einer gegenwartsbezogenen Soziologie. Das Verhältnis von Empirischer und Historischer Sozialforschung läßt sich kennzeichnen als die Übernahme der methodischen Standards der Empirischen Sozialforschung (nicht unbedingt die Methoden selbst!) durch die Historische Sozialforschung.[3]

Es wird sich weiter unten zeigen, dass zumindest jene, die Computersimulationen dazu nutzen, um (teilweise sehr lang) zurückliegende Ereignisse nachzuvollziehen, Best und Schröder in der Frage der Methodenübernahme wider-

[3] Immerhin bieten Best und Schröder (1988: 251) ein Schema des Gangs des Forschungsprozesses in der Historischen Sozialforschung an, das durchaus Platz lässt für die Nutzung von Computersimulationen. Die letzten vier Schritte in ihrem Schema sind Datenerhebung, -verarbeitung, -analyse und Darstellung. Computersimulationen können nun als Werkzeuge der Datenverarbeitung und-analyse ebenso wie der Darstellung der Ergebnisse verstanden werden; sie finden aber bei Best und Schröder noch keine Erwähnung.

sprechen würden. Es ist also notwendig, einen Blick auf die sozialwissenschaftliche Forschungslogik, zumindest auf einen Teil davon, zu werfen.

3.2 Erklärung in den Sozialwissenschaften

In den quantitativ ausgerichteten Sozialwissenschaften ist, trotz aller damit verbundenen wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Probleme (siehe bspw. Balzer 1997: 322 ff.), der deduktiv-nomologische Erklärungsansatz weit verbreitet. Für Erklärungen bzw. Prognosen werden

1) Gesetze $G_1, G_2, ..., G_n$ und
2) Anfangs- oder Antecedensbedingungen $A_1, A_2, ..., A_m$

benötigt. Sie zusammen bilden das Explanans, der zu erklärende Sachverhalt E ist das Explanandum (Hempel 1977: 6):

Abb. 1: DN- bzw. Hempel-Oppenheim-Schema

$A_1, A_2, ..., A_m$	Explanans
$G_1, G_2, ..., G_n$	
E	Explanandum

Eine Erklärung nach diesem Schema heißt „deduktiv-nomologisch", weil das Explanandum aus dem Explanans logisch deduziert werden kann; die Gesetze $G_1, G_2, ..., G_n$ sind strikte oder deterministische Gesetze. Allerdings sind solche deterministischen Gesetzesaussagen selbst in den Naturwissenschaften wie der Physik beileibe nicht immer gegeben, sondern eher die Ausnahme; tatsächlich ist es oftmals nur möglich, statistische Zusammenhänge anzugeben. Dies ändert allerdings nicht generell etwas an dem skizzierten Erklärungsansatz, sondern versieht das Explanandum mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, die sich aus den verwendeten statistischen Gesetzen $sG_1, sG_2, ..., sG_n$ ergibt. Es wird dann von einer „induktiv-statistischen" Erklärung (Hempel 1977: 60/65) gesprochen.[4]

[4] Thomas Haussmann (1991) führt weitere für die Geschichtswissenschaften relevante Erklärungsmodelle an; da diese aber alle grundsätzlich an das DN-Schema der Erklärung angelehnt sind, sollen sie an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden. Entscheidend für die vorliegenden Überlegungen ist die Feststellung Hausmanns (1991: 87), dass sich „[…] die Erklärung menschlicher Handlungen […] formal nicht von einer ganz normalen kausalen Erklärung unterscheidet: Im Explanans stehen Antecedensbedingungen und eine Gesetzesaussage; und wenn die Erklärung gut ist, dann folgt aus dem Explanans das Explanandum als Conclusio. […] Eine solche Erklärung wird freilich häufig mit einigen Unsicherheiten belastet und deshalb revisionsanfällig sein." Man kann also davon ausgehen, dass die Anwendung des DN-Schemas der Erklärung (oder eine der Modifikationen, die mit Wahrscheinlichkeitsaussagen operieren) einige Berechtigung auch in den Geschichtswissenschaften hat. Diese Feststellung ist wichtig für die folgenden Bemerkungen, da Computersimulationen zumindest implizit dieser Art der Erklärung folgen.

Erklärt man nun vergangene Ereignisse, steht das Explanandum fest, denn es ist ja bereits eingetreten. Für eine induktiv-statistische Erklärung bedeutet dies im Rückschluss, dass entweder die Annahme der Randbedingungen nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zutreffen oder aber, dass die verwendeten Gesetze nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit im gegebenen Fall verwendet werden können bzw. ihre Aussagen nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreffen. Am oben schon genannten Beispiel der auslösenden Faktoren des Ersten Weltkriegs kann man dies intuitiv gut verstehen: Der Krieg ist ausgebrochen, das zu erklärende Ereignis hat also stattgefunden. Wir wissen aber nicht sicher, ob uns alle Randbedingungen bekannt sind und mit welchem Grad der Genauigkeit. Auch wissen wir nicht sicher, ob die soziologischen Theorien, die wir zur Erklärung anwenden, korrekt sind. Diese Unsicherheiten werden oft durch die Angabe von Wahrscheinlichkeitswerten verdeutlicht.

Entscheidend ist jedoch, dass auf die für eine Erklärung verwendeten Gesetze eben nicht zutrifft, was Karl W. Deutsch oben mit „verbal and qualitative, […] their formulations were often vague" adressiert. Sie müssen stattdessen in einem mathematischen Kalkül formuliert werden und quantifizierbare Größen enthalten. Musterbeispiele solcher Erklärungen finden sich in der Ökonomie.[5] Dabei gibt es, vielleicht etwas vergröbert, zwei grundsätzliche Vorgehensweisen: einen makro- und einen mikroökonomischen Ansatz. Im ersten Fall werden bspw. Größen wie das Lohnniveau einer Volkswirtschaft, die Zahl der Erwerbslosen, das Angebot von offenen Stellen etc. miteinander in Relation gesetzt. Aus Beobachtungen in der Vergangenheit werden induktiv Zusammenhänge zwischen solchen Größen ermittelt und dann als ökonomische Gesetze zur Erklärung und Prognose von entsprechenden makroökonomischen Entwicklungslinien verwendet. Im zweiten Fall ist das Handeln der Individuen[6] von Interesse; gesellschaftliche Zustände, so die Annahme, emergieren aus den Interaktionen und dem Handeln individueller Akteure.

3.3 Beispiele quantitativer Erklärungen in den Geschichtswissenschaften

Nicht in allen Beispielen der Anwendung quantitativer Methoden in den Geschichtswissenschaften ist die Verwendung der gerade beschriebenen Modelle

[5] Siehe bspw. Meier, Newell und Pazer (1969); Siebert (1970) sieht „Simulation[en] als Informationsinstrument der Wirtschaftspolitik". Für andere Beispiele, die teilweise schon sehr früh auf eine Nutzung ökonomischer bzw. ökonometrischer Ansätze für geschichtswissenschaftliche Zwecke abheben, siehe z.B. Lee (1977) oder die Beiträge in Kocka und Ránki (1985). Bezüglich der Methoden sehr ausführlich ist Hudson (2000).

[6] Zuweilen sind „Individuen" nicht einzelne Personen, sondern können bspw. auch Haushalte sein, Unternehmen oder ganze Unternehmenszweige. Obwohl dies den Unterschied zwischen einem mikro- und einem makrosoziologischem Ansatz zu verwischen scheint, ist dem nicht so, denn nach wie vor bleibt die entscheidende mikrosoziologische Annahme erhalten, dass es überhaupt individuelle Akteure gibt, die den sozialen Wandel bestimmen.

der Erklärung klar erkennbar; dies gilt insbesondere dann, wenn quantitative Daten über historische Ereignisse in rein deskriptiver Weise verwendet werden, bspw. wenn die historische Entwicklung sozialer Ungleichheit in Schweden (Söderberg 1987) und Polen (Zarnowski 1987) nachgezeichnet wird oder Transformationsprozesse in Spanien (Dopico 1987), Japan (Yamaguchi 1987) und Argentinien (Castillo/Tulchin 1987) untersucht werden. Weitere Beispiele sind die soziale Differenzierung in Städten (Saalfeld 1977), die volkswirtschaftliche Entwicklung in Deutschland (Spree 1977) oder bei Bhaduri (1999) vor allem in Indien. Hier wird beschrieben, nicht erklärt. Allerdings liefern solche deskriptiven Analysen historischer Prozesse wertvolle Daten, die in Computersimulationen genutzt werden können bzw. die dazu verwendet werden, um die Ergebnisse von Computersimulationen mit realen Ereignissen vergleichen zu können.

Wesentlich deutlicher treten die oben beschriebenen Erklärungsmodelle bspw. bei Randall Collins (1999: 37 ff.) auf, wenn er verschiedene Modelle für die kausalen Abläufe des Zusammenbruchs von Staaten vorstellt. Man kann diese Modelle so nutzen, dass man Ereignisse der Vergangenheit mit ihnen erklärt oder aber, um zukünftige Ereignisse zu prognostizieren. Modelle sind jedoch statisch; erst ihre Einbettung in Simulationen ermöglicht die Beobachtung ihrer Dynamik. Für eine länger zurückliegende Epoche bietet bspw. Robert M. Townsend (1993) eine komplexe Modellierung der Ökonomie mittelalterlicher Siedlungen, in die die Zeit als Parameter einfließt; hier böte sich bereits ein Ansatzpunkt zur Simulation dieses Modells.

3.4 Erklärung und Simulation

Nun wird auch der Bezug auf die zu Beginn angeführten Spielsimulationen deutlicher. Dort wird die Entwicklung der simulierten Welt ebenfalls durch quantifizierbare Größen gesteuert: Ressourcenmenge, Bevölkerungszahl, Rüstungsumfang etc. Gleichzeitig stehen diese Größen in Relation zueinander, bspw. dadurch, dass die Bevölkerung nur wachsen kann, wenn bestimmte Ressourcen in ausreichender Menge vorliegen. Ob sie in diesen Spielen tatsächlich wächst, liegt in der Entscheidung des Spielers oder des Computers, gegen den man spielt. Tatsächlich existieren makroökonomische Modelle, die ebenfalls die Entwicklung soziologischer Phänomene der ganzen Welt nachvollziehen sollen, um in Computersimulationen zur Erklärung und Prognose genutzt werden zu können; am bekanntesten sind hier wohl die Simulationen, die die Grundlage des Buches *The Limits to Growth* (Meadows et al. 1972) bilden.[7] Mit diesem Typ von Simulationen lassen sich allerdings nur Makrophänomene untersuchen, jedoch nicht das Handeln von Menschen. Deren Ent-

[7] Diese Simulation basiert auf dem so genannten „System-Dynamics"-Ansatz, siehe bspw. in Forrester (1971). Ähnliche Ansätze finden sich bei Bremer (1977, 1987).

scheidungen und Handlungen sind allenfalls aggregiert in den Wechselwirkungen der im jeweiligen Modell verwendeten Variablen enthalten. Damit wird letztlich auch eine weitreichende Vorannahme getroffen: Entscheidungen einzelner Menschen sind in der Geschichte irrelevant, der betrachtete Weltausschnitt entwickelt sich aufgrund anderer Faktoren.

In mikroökonomischen Ansätzen wird dies aber gerade bestritten. Hier wird angenommen, dass die Welt sich dadurch verändert, dass Individuen darin handeln. Aus dem Aggregat der Handlungen aller Individuen emergiert dann ein makroskopischer Zustand der Welt. Dieser wiederum zeigt Rückwirkungen auf die Handlungen der einzelnen Individuen. Das individuelle Handeln wird außerdem durch die Einstellungen der Akteure, durch ihre Ziele, Zwecke, Wünsche, Ängste usf. sowie durch ihr Wissen über die Welt und die ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen und Fähigkeiten bestimmt (siehe bspw. Opp 1978, 1979, 1995; Popper 1962; Vanberg 1975). Anders formuliert: Innere Zustände der Akteure und äußere Randbedingungen sowie die Beziehungen dieser Faktoren untereinander determinieren das Verhalten der Akteure und damit auch die Entwicklung der Welt. In den oben beschriebenen Spielsimulationen übernimmt der Spieler es, Ziele und Zwecke zu setzen und deren Realisierung anzustoßen. Spielt man gegen den Computer, so übernimmt dieser diese Aufgabe für die gegnerischen Akteure. Damit ist der Zusammenhang zwischen Spielsimulationen und ihren wissenschaftlichen Varianten jedoch bereits hergestellt: Gelänge es, eine große Zahl von Akteuren, alle ausgestattet mit inneren Zuständen wie oben aufgezählt, und eine äußere Welt als Heimstatt dieser Akteure mithilfe von Programmen in einem Computer zu simulieren, und wäre die Komplexität der Modellierung dem betrachteten Weltausschnitt ausreichend angepasst, dann könnte man womöglich historische Ereignisse im Zeitraffer beobachten. Das legt auch einen Wechsel in der Terminologie nahe: Statt von Akteuren wird von nun ab von Agenten[8] gesprochen. Denn in den Simulationen „stecken“ nicht wirklich Akteure, sondern Modelle von Akteuren, die sich in der simulierten Umgebung bewegen und über die Zeit hinweg entwickeln.

4. Computersimulationen in den Geschichtswissenschaften

4.1 Simulationen zurückliegender Ereignisse

Zunächst muss eine Abgrenzung vorgenommen werden, um das behandelte Thema nicht zu weit zu fassen. Simulationen sind in den Geschichtswissen-

[8] Trotz der begrifflichen Problematik der unscharfen Definition des Ausdrucks „Agent“, siehe hierzu Remondino (2005).

schaften eine durchaus nicht selten anzutreffende Methode, insbesondere im Unterricht, doch hierbei sind in aller Regel nicht *Computer*simulationen gemeint, sondern von Menschen gespielte Simulationen. Das heißt, es werden historische Ereignisse nachgestellt, um zum einen die Prozesse besser zu verstehen, die zum weiteren Fortgang der Geschichte beigetragen haben oder zum anderen, um kontrafaktisch zu räsonnieren (Bigelow 1978: 209 f.):

> Simulation serves as the primary laboratory tool of the historian in another fashion in that it permits one to ask questions about the values of the past without facing the real consequences of answering those questions. Simulation, of both the verbal and the active variety, is the technique whereby the historian varies experimental conditions, isolates key variables, and is able to pose those critical questions, 'What if ...?' Simulations may, of course, produce tension, stimulate emotions, or engage attention or curiosity, but in the long run historians can always step back from the simulation and ask "What has been going on here?" "What are the value assumptions I have been making?" "What can we learn about ourselves or about this other society or other time period by simulating the conditions of that society or time?" These questions are the most important ones for historians to ask. Simulation enables these questions to be asked more directly and answered more convincingly because simulation brings not only cognitive understanding but also greater affective understanding.

Zwar sind die Ziele, die mit dieser Art von Simulation verbunden sind, durchaus vergleichbar mit jenen, die eine Nutzung von Computersimulationen nahe legen, da sie generelle Ziele der Geschichtswissenschaften darstellen, doch bringen sie ganz eigene Probleme mit sich, die hier nicht diskutiert werden sollen – einige werden im obigen Zitat allerdings angedeutet.

Ein wichtiges Beispiel der Anwendung von Computersimulationen zur Erklärung historischer Ereignisse findet sich in Robert Axelrods Buch „The Evolution of Cooperation" von 1984.[9] Allerdings ging es Axelrod nicht primär darum, historische Ereignisse zu erklären, sondern er nutzte diese als Beispiele für die Entstehung kooperativen Verhaltens. Axelrod hatte mithilfe von Computersimulationen gezeigt, dass in iterierten Prisoner's-Dilemma-Spielen die Strategie Tit-for-Tat am erfolgreichsten ist. Am Beispiel des Stellungskrieges im Ersten Weltkrieg und des dabei auftretenden Verhaltens der sich gegenüberstehenden Truppen versuchte er dann, das theoretische Ergebnis auf die Praxis anzuwenden (Axelrod 1984: 73 ff.). Er behauptete, dass die Soldaten in den Schützengräben eine Strategie des Leben-und-Leben-lassen anwendeten: Solange die eine Seite sich kooperativ verhielt (insbesondere nicht angriff bzw. gezielt feuerte), tat dies auch die andere Seite. Defektierte hingegen eine Seite, verübte die andere Seite Vergeltung: Wie du mir, so ich dir (engl.: tit for tat). Ohne auf die technischen Details einzugehen, ist zu dieser Vorgehensweise zu

[9] Wissenschaftshistorisch interessant ist, dass Raymond Boudon (1980: 40 ff.) schon sechs Jahre zuvor (in der Originalfassung von 1978) aus einer soziologischen Sichtweise den Ausbruch des Ersten Weltkriegs in der Sprache der Spieltheorie analysierte.

sagen, dass hiermit zwar Computersimulationen dazu genutzt wurden, historische Prozesse einer Erklärung zuzuführen, doch war die forschungsleitende Idee bei Axelrod eine andere: Es gab eine elaborierte Theorie kooperativen Verhaltens, und für diese wurden Beispiele in der Geschichte gesucht. Die Gefahr hierbei ist, dass die Beispiele so beschrieben und gedeutet werden, dass sie als Anwendung der Theorie passen.

4.2 Computersimulationen und ihre methodischen Probleme

Tatsächlich sind auch viele der nun folgenden Beispiele nicht explizit als Simulationen zur Erklärung konkreter *historischer* Prozesse ausgezeichnet, sondern als solche, die generelle soziale Veränderungen simulieren. Trotzdem macht es Sinn, sie hier zu diskutieren, da diese Beispiele eine historische Komponente dadurch implizieren, dass sie längere Zeiträume der menschlichen Entwicklung in den Blick nehmen. Einige der Beispiele nehmen jedoch explizit auf die Vergangenheit Bezug; diese sind ganz besonders interessant, da die mit solchen Simulationen gewonnenen Aussagen zumindest im Prinzip mit empirischen Daten abgeglichen werden können müssten.

Die Simulation der Entwicklung neuer Technologien (Troitzsch 1994) ist ein Beispiel für eine nicht explizit auf die Erklärung historischer Ereignisse und Prozesse ausgerichtete Simulation, bezieht sich jedoch auf längere Zeiträume sozialen Wandels und ist daher auch aus (technik-)historischer Sicht von Interesse. Betrachtet man die Annahmen, die in diese Simulation einflossen, kann man verblüffende Parallelen zu den zu Beginn beschriebenen Computerspielen entdecken, da „three kinds of production process[es]“ (Troitzsch 1994: 41) vorausgesetzt werden: Jäger und Sammler „produzieren“ Lebensmittel, ebenso Bauern, daneben gibt es die industrielle Produktion. In den meisten, wenn nicht gar allen, Computerspielen, die auf dem Spielprinzip von *Civilization* aufbauen, findet sich ein ähnliches Schema. In der von Troitzsch beschriebenen Simulation werden nun die demografischen Auswirkungen rein quantitativ bestimmter Technologien und das Verhältnis der Produktionsmengen der drei Sektoren simuliert; in den Computerspielen wiederum hat das jeweils erreichte technologische Niveau zwar auch Auswirkungen auf solche Parameter wie die Populationsdichte oder die Effizienz der Agenten, doch eine Evolution der Technologie wird auch dort nicht wirklich simuliert – die Entwicklungssprünge sind vorgegeben und ihr Erreichen ist immer nur abhängig vom Ressourcenvorrat und dem vorliegenden technologischen Niveau. Der Titel von Troitzschs Artikel „The evolution of technologies“ ist daher missverständlich, denn eine Technologie*entwicklung* wird nicht wirklich simuliert. Daran ändert auch Troitzschs (1994: 61) vorsichtige Interpretation nichts: „[O]f course, both [die für die Simulation verwendeten Makro- und Mikromodelle, K.W.] are far from

being realistic models of the historical process of technological evolution".[10] Es ist schwer zu beurteilen, ob Troitzsch der Ansicht ist, dass nach einer Modifikation der Modelle diese realistischer wären. Die von ihm genannten Modifikationen (Troitzsch 1994) beinhalten jedenfalls keinerlei Vorschläge bspw. zur Integration der Modellierung von individueller Kreativität, gesellschaftlicher Ressentiments gegenüber bestimmten Technologien oder politischer Entscheidungsprozesse bzgl. der Forschungsförderung oder auch -verhinderung.[11] Das heißt, dass vermutlich wesentliche Faktoren der technologischen Entwicklung von Troitzsch nicht in Betracht gezogen werden. In Bezug auf seine eigenen Modifikationsvorschläge eines also noch sehr einfachen Modells schreibt er (Troitzsch 1994):

> Nevertheless, the simplifications of our models seem to be necessary, at least for this first modelling step. The refinements suggested above might complicate our models to the point where understanding of what goes on in a simulation run becomes impossible.

Dieses Zitat deutet auf einige zentrale Probleme der Nutzung von Computersimulationen zur Erklärung historischer und/oder sozialer Prozesse hin und wirft zudem Fragen auf, die in vielen Texten, die Computersimulationen als geeignete Werkzeuge zur Erklärung propagieren, nicht explizit beantwortet werden. Zunächst müsste nämlich geklärt werden, was das Erkenntnisziel der Nutzung von Computersimulationen sein soll. Abgesehen von den kommerziellen und industriellen Anwendungen finden sich für den wissenschaftlichen Kontext drei Angebote.

Erstens kann die Konstruktion von künstlichen Populationen genannt werden, deren Simulation zeigen soll, welche Prozesse in realen Populationen ablaufen (z.B. Gilbert/Troitzsch 1999). Dabei kann eine solche künstliche einer realen Population nachgebildet sein, um – wie hier ja Thema – historische Prozesse nachvollziehen zu können. Es ist aber auch denkbar, dass die Simulation dazu genutzt wird, um zu zeigen, wie eine reale Gesellschaft bspw. hin-

---

[10] Troitzsch ist sich dieser Tatsache immerhin bewusst. Lepperhof (2000: 463) schreibt bspw. zur Simulation Dreamscape, mit der die „Entstehung von Normen im Naturzustand mittels eines computerbasierten Modells des Rational-Choice-Ansatzes" untersucht werden soll, Folgendes: „Das computerbasierte Rational-Choice-Modell Dreamscape stellt eine recht genaue Modellierung des von Hobbes beschriebenen ‚Naturzustandes' dar." Schaut man dann genauer hin (Lepperhof 2000: 467), so besitzen die Agenten in der Simulation vier Bedürfnisse (Nahrung, Schlaf, Vergeltung, Interaktion) und verfügen über sieben Handlungsoptionen (Tauschen, Defektieren, Reden, Sammeln, Raubmord, Einschlafen, Faulenzen). Dies als „recht genaue Modellierung" zu bezeichnen ist schwer nachvollziehbar; selbst wenn man vom homo oeconomicus ausgeht, haben reale Akteure weit mehr Bedürfnisse und Handlungsoptionen. Die Antwort auf die Frage, ob Simulationen als geeignete Werkzeuge in den Sozialwissenschaften oder eben in den Geschichtswissenschaften angesehen werden können, scheint daher stark davon abzuhängen, was bereits als genaue, gute oder adäquate Modellierung angesehen wird.

[11] Immerhin präsentiert Troitzsch (1998) eine weitere Variante des Aufsatzes von 1994 mit fast identischen Aussagen; dies deutet nicht unbedingt an, dass Troitzsch Änderungsbedarf hinsichtlich seiner Annahmen sieht.

sichtlich bestimmter Normen und Werte gestaltet sein müsste, damit durch individuelles Handeln eine Gütergleichverteilung erreicht wird (z.B. Epstein/ Axtell 1996). Zweitens wird versucht, mithilfe von Simulationen Beobachtungen und Experimente am realen durch solche am simulierten Gegenstand zu ersetzen, um auf diese Weise eine vorläufige Bewährung oder auch Falsifikation der verwendeten Hypothesen oder Theorien zu erreichen (Martial 1992: 8). Man könnte simulierte Crashtests als industrielle Variante dieser Simulationsnutzung betrachten. Auch einige hier noch zu nennende Beispiele sind mit dieser Zielsetzung verbunden; Grund ist hierbei, dass die betreffenden Hypothesen empirisch gar nicht geprüft werden können oder allenfalls nur indirekt. Als dritte Möglichkeit ist die Überprüfung von theoretischen Implikationen einer existierenden Theorie (bspw. Malsch et al. 1998: 17) zu nennen. Das heißt, dass noch gar kein Abgleich mit der Realität vorgenommen werden soll, sondern stattdessen theorieimmanente Konsequenzen untersucht werden sollen. Das gerade genannte Beispiel von Troitzsch geht in diese Richtung, obgleich er dies nicht explizit macht.

Doch gerade hierin liegt ein erhebliches Defizit der Nutzung von Computersimulationen. Ist das Erkenntnisziel die Untersuchung theorieimmanenter Konsequenzen, so entspricht dies einem Gedankenexperiment (siehe bspw. Gendler 1998; Nersessian 1992). Wichtiges methodisches Kriterium ist hierbei logische Konsistenz; weder die Übereinstimmung bspw. der Antecedensbedingungen mit realen Situationen muss gefordert werden, noch die empirische Bewährung der verwendeten Gesetze und Hypothesen. Das obige Zitat von Bigelow, zwar bezogen auf eine andere Art der historischen Simulation, geht in diese Richtung: Was hätte geschehen können, wenn die USA nach 1919 keine isolationistische Politik verfolgt hätten? Was hätte passieren können, wenn die Landung der Alliierten in der Normandie gescheitert wäre?[12] Wie hätte sich die Welt entwickelt, wenn die Machthaber in der DDR 1989 die Montagsdemonstrationen ähnlich blutig unterdrückt hätten wie die chinesische Regierung die Proteste auf dem Platz des Himmlischen Friedens? An diesen Beispielen wird deutlich, dass sich die Erklärung vergangener und die Prognose zukünftiger Ereignisse hier berühren, denn genauso kann gefragt werden: Wie könnte sich die militär-strategische Situation entwickeln, wenn die USA nach den Präsidentschaftswahlen in 2008 erneut eine isolationistische Außenpolitik vertreten?[13] Solche Planspiele besitzen einen hohen pragmatischen Wert, doch sie setzen nicht notwendig voraus, dass die Annahmen, die in sie einfließen, die Realität abbilden. Häufig werden „as-if"-Modelle verwendet: Man weiß, dass

[12] Literarisch hat bspw. Robert Harris in seinem Roman „Fatherland" (deutsch: Vaterland) einen ähnlichen Gedanken durchgespielt.

[13] Tatsächlich standen am Anfang der Nutzung von mathematischen Modellen und später Computersimulationen spieltheoretische Konzepte zur Verhaltensvorhersage des Gegners im Kalten Krieg.

die verwendeten Annahmen bspw. extrem vereinfacht sind, aber bisher gute Prognosen zuließen – deshalb werden sie verwendet.[14]

Betrachtet man nun bspw. Troitzschs Aussagen zu der von ihm beschriebenen Simulation technischer Evolution, so wird zugegeben, dass die verwendeten Modelle zu einfach sind, doch gleichzeitig werden Ansichten wie diese geäußert (Troitzsch 1994: 62): „Only subpopulations with a high productivity have a chance of growing and surviving for long periods." Abgesehen davon, dass die Aussage trivial erscheint, wird nicht geklärt, ob sie sich auf simulierte Subpopulationen bezieht oder auf reale. Im ersten Fall ist damit eine wenig spektakuläre Einsicht in die theoretischen Konsequenzen eines einfachen Modells verbunden; im zweiten Fall ist die Aussage hochproblematisch, da bspw. unbeachtet bleibt, dass Produktivität im „prallen Leben" Ressourcen verbraucht und die Umwelt schädigen kann. Beides kann das Überleben erheblich erschweren – genau dies war ja die Botschaft von *The Limits to Growth*.

Will man nun aus einer geschichtswissenschaftlichen Perspektive Erklärungen realer historischer Ereignisse finden, kann nur eine Erklärung adäquat sein, die nicht mit „as-if"-Annahmen arbeitet, sondern mit solchen, die mit den historischen Sachverhalten übereinstimmen. Es ist aber fraglich, ob diese überhaupt – auch nur ansatzweise – in eine Computersimulation eingebracht werden können, denn wie Troitzsch (1994: 61) selbst bemerkt: „[…] refinements […] might complicate our models to the point where understanding of what goes on in a simulation run becomes impossible." Computersimulationen werden schnell unübersichtlich sowohl in Bezug auf die Formulierung als Computerprogramm als auch hinsichtlich der Prozesse während einer laufenden Simulation. Beides macht zudem die Validierung einer Simulation schwierig (bspw. Feinstein/Cannon 2003; Fraedrich/Goldberg 2000; Klein/Herskovitz 2005; Taber/Timptone 1996: 71 ff.), die notwendig ist, um zu überprüfen, ob die Simulation tatsächlich den gewünschten Realitätsausschnitt korrekt abbildet

[14] Leplin (1997: 105) widerspricht dieser instrumentalistischen Sicht allerdings vehement: „Neither sort of instrumentalism gives us any reason to expect successful theories to be successfully extendable to novel effects. If success does not betoken truth, then it is not reasonably projectable. Why should a predictive mechanism that has worked so far continue to work, if there is no basis for understanding *why* it has worked so far? From an instrumentalist perspective, it is no better than mere coincidence that it has worked at all." Folgt man der Kritik Leplins, muss jede vermeintlich instrumentalistische Nutzung von Theorien die Wahrheit der zur Prognose verwendeten Theorien implizit voraussetzen. Hier wiederum, im Kontext der Diskussion um Computersimulationen in den Sozialwissenschaften, widerspricht Halfpenny (1997: Paragraph 3.3): „Some simulations seem to aspire to realism. This is particularly so when it is argued that their models represent the essence of underlying mechanisms. […] However, the unresolved issue of how to establish the existence claims of proposed real generative mechanisms in the social sciences hits realist simulations hard. Appealing to accurate predictions is no answer, because this does not distinguish between a conventionalist calculative device and a real mechanism. The former produces accurate predictions but does not pretend to capture reality, whereas the explanatory force of the latter derives entirely from its claim to represent the real mechanisms operating 'beneath the surface' of the directly observable social world."

und nicht etwas anderes. Dies zeigt sich besonders an den folgenden Beispielen.

Simulationen der technologischen Evolution sind im Prinzip an unserem Wissen der historischen Realität überprüfbar: Es gibt hierfür genügend Zeugnisse, zumindest seit der Industriellen Revolution. Simulationen wie die nun folgenden, die Zeiträume nachbilden sollen, für die keine Überlieferung existiert, verstärken jedoch das Problem der Validierung durch Überprüfung an der Realität. Mithen (1994: 171 ff.; vgl. auch Dean et al. 1999) bspw. beschreibt folgende vier Modelle prähistorischer Gesellschaften, die in Computersimulationen genutzt wurden:

1) Jäger-und-Sammler-Gemeinschaft in Nordamerika. Hierbei wurden die Ergebnisse der Simulationen mit den archäologischen Funden des betreffenden Gebiets verglichen.
2) Allgemeines Modell für Jäger-und-Sammler-Gemeinschaften. Aufbauend auf Daten über Aborigines produzierte diese Simulation Aussagen über die Verteilung von Artefakten, die wiederum mit archäologischen Funden verglichen werden könnten.
3) Übergang von einer Jäger-und-Sammler- zu einer agrarisch tätigen Gemeinschaft. Das Modell basierte auf den Daten einer archäologischen Fundstätte in Mexiko und sollte mit der Simulation das Zustandekommen der Artefakte erklären.
4) Wechselwirkung zwischen Fauna und Jäger-und-Sammler-Gemeinschaft am Ende der letzten Eiszeit. Auf Basis von Knochenfunden von Jagdtieren sollte die Variation der Zusammensetzung der Knochen durch das simulierte Verhalten von Jägern erklärt werden.

Für die Nutzung von Computersimulationen in der Archäologie bietet Mithen (1994: 171 ff.) drei Gründe an, die Überschneidungen zu den oben aufgezählten aufweisen: Hypothesentest, Methodenprüfung und -entwicklung der multivariaten Statistik, Exploration bzw. Theoriebildung. Für ihn dienen Beispiel a) und d) dem Test von Hypothesen. Deshalb sollen diese Beispiele nun im Lichte des DN-Schemas der Erklärung genauer untersucht werden.

Zwar ist die Beschreibung der Modelle nicht sehr detailliert, doch wird klar, dass nur wenige Prozesse und Variablen in sie einfließen konnten, um die Simulation kognitiv durchdringbar zu halten (Troitzsch 1994: 61).[15] Der Zweck der Simulation, die unter d) genannt wurde, war „[…] to help explain the variability in faunal assemblages from the Mesolithic of southern Scandinavia, which in turn was used to propose a model for social differentiation in these early post-glacial communities.“ (Mithen 1994: 175). Das Explanandum „[…]

[15] Ein zweiter Grund, obwohl nicht expliziert, bestand darin, zumindest im ersten Beispiel nicht an Kapazitätsgrenzen der verwendeten Computer zu geraten, denn Anfang der 1970er Jahre verfügten die existierenden Rechner nicht über Hauptspeicher im vierstelligen Megabyte-Dimensionen- und Festplattenspeicher auf dreistelligem Gigabyte-Niveau; auch Rechenzeit war ein knappes Gut.

came from a variety of sites in southern Sweden and southwest Germany and principally varied in terms of frequency of three large game species" (Mithen 1994) – es sind also empirisch gewonnene Daten über die Zusammensetzung der Jagdtiere während eines definierten Zeitabschnitts der Vergangenheit. Die Antecedensbedingungen für eine Erklärung nach dem DN-Schema, die man mit den Startwerten der Simulationsparameter identifizieren kann (Weber 2007: 119), könnten bspw. aus anderen archäologischen Funden geschätzt werden – wie genau dies möglich ist, muss hier offen bleiben, aber es ist zu vermuten, dass die Fehlerrate groß ist; letztlich beruhen solche Schätzungen selbst auf voraussetzungsreichen Modellen. Die in der Simulation verwendeten Hypothesen sind jene, die Mithen als „model for social differentiation" bezeichnet; es handelt sich hierbei um Hypothesen darüber, wie die damaligen Menschen den Tag verbrachten, jagten, Informationen austauschten und auf Veränderungen der Umwelt reagierten. Mögliche Quellen solcher Hypothesen nennt Mithen (1994: 169) selbst: Die Beobachtung von Gemeinschaften, von denen *angenommen* wird, dass sie heute noch ähnlich leben wie jene prähistorischen Gemeinschaften. Er weist aber selbst darauf hin, dass diese Annahme falsch sein kann (und wahrscheinlich auch ist). Für die Erklärung nach dem DN-Schema bedeutet dies:

A_1, A_2, ..., A_m	Explanans:	Schätzungen über Zusammensetzung der Fauna
G_1, G_2, ..., G_n		Annahmen über soziales Verhalten
E	Explanandum:	archäologische Funde

Das Explanans ist also mit einem hohen Grad an Unsicherheit verbunden. Je nach dem, wie bspw. die Antecedensbedingungen festgelegt werden, müssen – um das Explanandum zu erhalten – die Hypothesen entsprechend angepasst werden. Das bedeutet, dass hier nicht nur Hypothesen im engeren Sinne getestet werden, sondern eine Kombination aus Hypothesen über das soziale Verhalten und aus Annahmen über die Antecedensbedingungen. Im Prinzip könnte es beliebig viele solche Kombinationen geben, die zum Explanandum führen. Sicherlich können durch den Stand der Forschung sehr viele als unplausibel eliminiert werden, doch mehr als eine Menge plausibler Kombinationen $\{<\{A_i\}, \{G_j\}>\}$ werden solche Simulationen nicht produzieren können. Es können daher viele plausible Geschichten[16] über die Vergangenheit unserer Vorfahren erzählt werden, aber allein durch die Nutzung von Computersimulationen wird es nicht möglich sein, eine davon als jene auszuzeichnen, die „die Welt unserer Erfahrungswirklichkeit" (Popper 1989: 13; vgl. Weber 2007:

[16] „Geschichten" meint hier nicht die Geschichten, die bspw. Eltern ihren Kindern vor dem Schlafen vorlesen, sondern mögliche Beschreibungen der Vergangenheit, von denen es mehrere geben kann.

122/123) wiedergibt. Diese Problematik sprechen auch Komlos und Artzrouni (1993: 329) in einem Text über ihre Simulation der Industriellen Revolution an, wenn sie schreiben:

> Da vieles über die vorindustrielle wirtschaftliche Entwicklung noch nicht bekannt ist, mußten wir eine Reihe von willkürlichen Annahmen über die Größen der Parameter […] treffen. Wir haben mit unterschiedlichen Kombinationen dieser Parameter experimentiert und dabei festgestellt, daß unsere Ergebnisse bei Änderungen der Annahmen – sofern sich diese in einem ‚vernünftigen' Rahmen bewegen – nicht gravierend voneinander abweichen. Unsere Basisthese, daß man die Industrielle Revolution als ‚Resultat' eines lang andauernden Entwicklungsprozesses begreifen kann, wird von geringfügigen Veränderungen in den Parameterwerten unseres Modells nicht beeinflußt.

Jede Parameterkombination kann nun als eine mögliche Geschichte begriffen werden; das bedeutet aber nicht notwendig, dass eine der Kombinationen tatsächlich „die Welt unserer Erfahrungswirklichkeit" repräsentiert, sondern nur, dass das Modell und die Simulation von Komlos und Artzrouni – und jede andere Simulation auch – den Verlauf der realen Geschichte im Rahmen bestimmter Kriterien mehr oder minder adäquat nachzeichnet. Ob die in das Modell einfließenden Annahmen und Theorien *wahr* sind, kann damit jedoch nicht belegt werden.[17] Dann kann die Erklärung des historischen Verlaufs der Industriellen Revolution aber auch nicht als gültig angesehen werden (Stegmüller 1969: 86), da nicht alle Bestandteile des Explanans empirischen Gehalt haben, sondern allenfalls auf plausiblen Schätzungen und Annahmen beruhen.[18]

Ein Einwand gegen die bisher vorgebrachten Argumente könnte nun sein, dass dann, wenn die verwendeten Modelle hinreichend komplex sind, also alle relevanten Aspekte des zu simulierenden Zeitabschnitts abbilden, Computersimulationen dazu beitragen werden, eine mindestens so enge Auswahl aus verschiedenen möglichen Geschichten zu treffen, wie dies mit herkömmlichen Methoden der Geschichtswissenschaften möglich ist. So bieten Doran et al. (1994) ein Modell und eine darauf aufbauende Computersimulation für Populationen der Zeit vor ca. 30.000 bis 15.000 Jahren an. Sie setzen dabei aber explizit auf die Simulation von Akteuren und statten die Agenten der Simulation daher auch mit elementaren kognitiven Fähigkeiten aus. Auf diese Weise wollen sie das Wachstum der sozialen Differenzierungen in menschlichen Populationen dieser Zeit nachvollziehen. Ihre Simulation ist in Bezug auf die getroffenen Annahmen also komplexer und nähert sich damit einem möglichen realen Geschehen stärker an, als dass dies für die bisher beschriebenen Simulationen gilt.

Viele Bemerkungen zu den angesprochenen Modellen und Simulationen gehen in die Richtung, dass die Zahl jener Geschichten, die durch die üblichen

---

[17] Aus einer instrumentalistischen Sicht auf Theorien und Hypothesen ist dies auch nicht notwendig. Dazu wird am Schluss noch kurz etwas zu sagen sein.

[18] Vgl. zu dem Problem konkurrierender Hypothesen bei der Erklärung historischer Ereignisse Day (2004).

Methoden der jeweiligen wissenschaftlichen Disziplin plausibel gemacht werden können, durch die Nutzung von Computersimulationen weiter reduziert werden könnte – bis hin zu einer einzigen Variante, die dann als die richtige, korrekte, wahre Geschichte identifiziert wäre. In diesem Fall wäre die Nutzung von Computersimulationen als experimentum crucis anzusehen, als Experiment also, das eine Theorie endgültig verifiziert oder falsifiziert. Wenn auch deutlich vorsichtiger ausgedrückt, findet sich dieser Anspruch bspw. bei Komlos und Artzrouni (1993: 325):

> Die Industrielle Revolution wird weithin als eine ausgeprägte Diskontinuität begriffen, die hauptsächlich durch eine plötzliche Welle technischen Fortschritts ausgelöst wurde. Unser Modell ersetzt dieses Paradigma durch ein anderes: die Industrielle Revolution wird als die Kulmination eines evolutionären Prozesses betrachtet. […] Mit Hilfe eines Simulationsmodells soll demonstriert werden, daß die Industrielle Revolution durch langsame aber stetige Akkumulation von Human- und Sachkapital erreicht werden konnte und somit ein zeit-invarianter Prozeß zu sprunghaftem Wachstum führen kann.

Die Ergebnisse einer Simulation sollen also letztlich zeigen, dass ein bisher verfochtenes Paradigma gegen ein anderes ausgetauscht werden müsse. Mit Imre Lakatos' (1974) kann man diese Sichtweise nun als eine Spielart des naiven Falsifikationismus bezeichnen – und ablehnen. Ein experimentum crucis als endgültige Falsifikation einer Theorie ist unmöglich. Hierin unterscheiden sich traditionellere Prüfverfahren und Computersimulationen nicht. Falsifikationen bzw. die dafür genutzten Basissätze sind selbst theorieimprägniert, so dass sie allenfalls vorläufige Gültigkeit in Anspruch nehmen können. Liefert eine Computersimulation Ergebnisse, die als Basissätze interpretiert werden, können sie eben auch keine endgültige Falsifikation begründen. Da solche Ergebnisse von einem Computerprogramm generiert wurden, ist ihr epistemologischer Wert zudem noch geringer anzusetzen als jener einer Beobachtung. Diese rekurriert zumindest prinzipiell – eine realistische Metaphysik vorausgesetzt – auf eine bewusstseinsunabhängige Welt; für computererzeugte Basissätze lässt sich dies nicht sagen.

Dies verweist auf den letzten methodologischen Aspekt, der kurz angesprochen werden soll. Computergenerierte Basissätze sind nicht nur theorie-, sondern designimprägniert. Gemeint ist damit, dass das Design der Computersimulation weitreichenden Einfluss auf die Ergebnisse haben kann (siehe Weber 2007: 118/119). In einer Simulation muss bspw. der Fluss der Zeit nachgebildet werden. Dabei kann man sich für eine diskrete oder eine kontinuierliche Modellierung entscheiden – in jedem Fall hat die Wahl aber Einfluss auf die Ergebnisse einer Simulation. Die Größe der Welt und ihre Form, bspw. ob sie Ränder hat oder geformt ist wie eine Kugel oder ein Torus, zeigt Auswirkungen auf die Bewegungsmöglichkeiten der Agenten (Hegselmann 1996). Das sind nur zwei Beispiele für Designentscheidungen. Selbst die verwendete Computersprache oder der Typ der genutzten Computer können sich auf die

Simulationsergebnisse auswirken.[19] Folgt man der holistischen Duhem-Quine-These, dass Falsifikationen immer die Gesamtheit der genutzten Theorien, Hypothesen und Antecedensbedingungen widerlegen und nicht nur isolierbare Bestandteile, so kann man für Computersimulationen festhalten, dass selbst dann, wenn bspw. die Ergebnisse einer Simulation historischer Ereignisse völlig verschieden zu den realen Gegebenheiten ist, dies nicht bedeutet, dass die der Simulation zugrunde liegenden Hypothesen falsch sind. Tatsächlich könnten die genannten Designentscheidungen zu den Unterschieden führen – erkennbar ist dies aber nicht, weil sich nur die Gesamtheit aus Designentscheidungen, Theorien, Hypothesen und Antecedensbedingungen vorläufig bestätigen oder widerlegen lässt.

5. Schlussbemerkungen

5.1 Interdisziplinäre Verwirrungen

Die hier zitierte Literatur und die daraus entnommenen Beispiele für die Nutzung von Computersimulationen in den Geschichtswissenschaften deuten auf ein nicht zu vernachlässigendes Problem hin: Oft sind die Texte entweder von Sozialwissenschaftlern geschrieben bzw. die Studien von ihnen durchgeführt, oder sie wurden in Medien publiziert, die eher ein sozialwissenschaftliches Publikum adressieren. Ein ähnliches Bild zeigt sich, wenn die Literatur betrachtet wird, die Historikern quantitative Methoden und ökonomische Ansätze näher bringen soll: Der historische Aspekt diese Publikationen tritt deutlich hinter die ökonomischen bzw. sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkte zurück. Anders ausgedrückt: Es ist schwer, sich des Eindrucks zu erwehren, dass eine entsprechende methodische Herangehensweise der mathematischen Modellierung, der Programmierung und der Computersimulation nicht im Zentrum geschichtswissenschaftlicher Aktivität verortet ist.

Dies deutet auf ein zentrales Problem jeder disziplinübergreifenden Zusammenarbeit hin: Jene Personen, die Grenzen überschreiten, befinden sich nicht selten im disziplinären Niemandsland – und werden dort kaum wahrgenommen. Das findet seine Ursachen in vielen Faktoren; manche davon sind wissenschaftspolitischer Natur und sollen hier keine weitere Beachtung finden. Eine Ursache ist jedoch im Selbstverständnis der Disziplinen bzw. in ihren Zielsetzungen zu sehen: Zumindest in den quantitativ ausgerichteten Sozialwissenschaften wird das Ziel verfolgt, Erklärungen für vergangenes und Prognosen für zukünftiges soziales Handeln von Menschen bzw. für die Entwicklung

[19] Lee und Lacey (2003) argumentieren, dass selbst die epistemologischen Grundannahmen, die in die Gestaltung von Agenten in Simulationen einfließen, einen Einfluss auf die Simulationsergebnisse haben können.

anderer Entitäten wie Gruppen, Gemeinschaften oder Gesellschaften erstellen zu können. Dabei können zwei verschiedene Haltungen identifiziert werden: Einmal kann der gerade genannte Anspruch mit einer realistischen Metaphysik verbunden sein – die verwendeten Modelle, Hypothesen und Theorien werden im Grundsatz als Annäherungen an die Realität verstanden. Die andere Sichtweise nutzt Modelle, Hypothesen und Theorien in einem instrumentalistischen Sinne: Liefern sie nutzbare Ergebnisse, ist das ein positiver Ausweis ihrer Güte, ansonsten müssen sie modifiziert werden. Ziel ist aber eben nicht mehr die Abbildung der Realität, sprich: nicht mehr Wahrheit bzw. Wahrheitsnähe zählt, sondern Anwendbarkeit und Nützlichkeit.

5.2 Instrumentalismus vs. Realismus

Sieht man nun die Geschichtswissenschaften als jene Disziplinen an, die historische Ereignisse so objektiv und genau wie möglich darzustellen versuchen – bei aller Problematik, die hierin steckt, da doch der in der jüngeren Vergangenheit sehr wirkmächtige „cultural turn" in den Geschichtswissenschaften gerade die Abkehr von diesem Geschichtsverständnis bedeutet (vgl. die Beiträge in Kittsteiner 2004) – wäre eine Verkopplung mit instrumentalistisch ausgerichteten Sozialwissenschaften kaum möglich; das jeweilige Wissenschaftsverständnis wäre inkompatibel. Auch ein bloßes „Was-wäre-wenn?"-Denken kann aus einer geschichtswissenschaftlichen Perspektive kaum befriedigen – die erzählte Geschichte muss plausibel und mit Quellen belegbar sein. Daher sind Spekulationen, ob computergestützt oder nicht, über Zeiten, für die die Quellenlage mehr als dürftig ist und die deshalb vielleicht nicht einmal als originärer Gegenstand der Geschichtswissenschaften im engeren Sinne verstanden werden, kaum ein geeigneter Ausgangspunkt für die Zusammenarbeit von Historikern und Sozialwissenschaftlern.

Bleiben also Computersimulationen historischer Ereignisse, die quellenmäßig gut erschlossen sind. Können sie als Ausgangspunkt einer fruchtbaren Zusammenarbeit von Sozialwissenschaftlern und Historikern dienen? Auch hier ist Zweifel angesagt. Agentenbasierte Simulationen unterstellen die Existenz bestimmter Überzeugungen und Zielsetzungen in den Agenten. Diese zusammen mit den Umweltfaktoren determinieren das Verhalten der Agenten. Liefern Simulationen ähnliche Ergebnisse wie die Geschichte selbst, so wird argumentiert, ist dies ein Hinweis darauf, dass die einstmals agierenden realen Personen über vergleichbare Überzeugungen und Zielsetzungen wie die Agenten in der Simulation verfügten. Doch in den seltensten Fällen ist dies wirklich nachprüfbar. Auch in diesen Fällen ist die Erklärung der historischen Ereignisse qua Simulation eine Erklärung „as-if": es könnte so gewesen sein. Wenn man aber aus der Geschichte für die Zukunft lernen möchte, kann dies geradewegs in die Irre führen.

Der Nutzen von Computersimulationen in den Geschichtswissenschaften – und wohl in vielen anderen Disziplinen auch – liegt daher nicht in ihrer Erklärungs- und/oder Prognosekraft, sondern in ihrem heuristischen Gebrauch für den Ausschluss unrealistischer Hypothesen und Erklärungsansätze. Die Nutzung zur Wissensvermittlung über historische Prozesse ist ebenfalls zu nennen, doch hier ist Vorsicht geboten. Da hierbei nicht selten kommerzielle Spiele benutzt werden, muss vorsichtig agiert werden: „Anno 1701" oder „Die Siedler" – um nur zwei Titel des entsprechenden Genres zu nennen – sind Spiele, die primär unterhalten sollen, mehr nicht und nicht weniger; deren Zielsetzung ist gewiss nicht die adäquate Modellierung von historischen Prozessen.[20] Ohne eine entsprechende inhaltliche, methodische und didaktische Flankierung kann ihr Einsatz in der Vermittlung historischen Wissens mehr schaden als nutzen. Für den Forschungsprozess gilt, dass Computersimulationen keinen Ersatz für verlässliche Daten und sorgfältige Hypothesenbildung und -prüfung darstellen.

5.3 Besseres Verständnis durch Computersimulationen

Sofern die Anfangsbedingungen empirisch gestützt sind oder doch zumindest bewährten Plausibilitätsannahmen entsprechen, können Hypothesen, die als Simulation Ergebnisse liefern, die durch die vorliegende Quellenlage nicht gedeckt sind, mit guten Gründen infrage gestellt werden (Klüver/Stoica/Schmidt 2003: Abs. 5.3); der heuristische Wert für die Hypothesenbildung in den Geschichtswissenschaften ist daher trotz aller bisher geäußerten Kritik durchaus gegeben. Trotz der methodischen Zweifel erlauben es Computersimulationen, aus der großen Menge möglicher Hypothesen und Theorien jene herauszufiltern, deren Plausibilität hoch ist und umgekehrt. Sie können damit als Auslöser von „progressiven" bzw. „degenerativen Problemverschiebungen (Lakatos 1974: 116 ff.) dienen. Damit ist noch keine Erklärung von Phänomenen aus dem interessierenden Realitätsausschnitt verbunden. Stattdessen kann so das Verständnis des jeweils betrachteten Forschungsgegenstands und seiner Umwelt befördert werden. Das sollte jedoch nicht gleichgesetzt werden mit jenem Verstehen, wie es üblicherweise in den Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften aufgefasst wird. Verständnis in dem hier gemeinten Sinne stellt eine komplementäre Ergänzung zur Erklärung dar. Für die Geschichtswissen-

[20] Andererseits findet sich bspw. auf der Website <http://www.historicanada.com/> [letzter Zugriff: 13.07.2007] eine Ergänzung für das Spiel *Civilization III* (eine Folgeversion des weiter oben schon genannten Spiels *Civilization*), mit der die Geschichte Kanadas nachgespielt werden kann; hier wird ganz klar ein didaktischer und auch geschichtswissenschaftlicher Anspruch erhoben. Grosch (2002) behandelt ebenfalls die Möglichkeit der Nutzung von Computerspielen im Geschichtsunterricht; Wesener (2007: 157 ff.) wiederum weist auf Probleme dieser Nutzung hin.

schaften bedeutet dies, dass Computersimulationen, adäquat eingesetzt, dabei helfen können, historische Prozesse transparenter werden zu lassen.[21]

Referenzen

Axelrod, Robert (1984): The Evolution of Cooperation. New York.

Aydelotte, William O. (1966): „Quantification in History". In: American Historical Review. 71. S. 803-825.

Balzer, Wolfgang (1997): Die Wissenschaft und ihre Methoden. Grundsätze der Wissenschaftstheorie. Freiburg.

Bentley, Michael (1999): Modern Historiography. An Introduction. London.

Best, Heinrich/Schröder, Wilhelm Heinz (1988): „Quantitative historische Sozialforschung". In: Meier, Christian/Rüsen, Jörn (Hg.): Historische Methode. Beiträge zur Historik. Band 5. München. S. 235-266.

Bhaduri, Amit (1999): On the Border of Economic Theory and History. New Delhi.

Bigelow, Bruce E. (1978): „Simulation Review: Simulations in History". In: Simulation & Gaming. 9 (2). S. 209-220.

Boudon, Raymond (1980): Logik des gesellschaftlichen Handelns. Eine Einführung in die soziologische Denk- und Arbeitsweise. Neuwied.

Bremer, Stuart A. (1977): Simulated Worlds. Princeton.

Bremer, Stuart A. (Hg.) (1987): The Globus Model. Computer Simulation of Worldwide Political and Economic Developments. Frankfurt/Main.

Briggs, Asa (1968): „Sociology and History". In: Welford, Alan T. et al. (Hg.): Society. London. S. 91-98.

Castillo, Hugo F./Tulchin, Joseph S. (1987): „Capitalist Development and Social Structure in Argentinia, 1880-1930". In: Jarausch, Konrad H./Schröder, Wilhelm H. (Hg.): Quantitative History of Society and Economy: Some International Studies. St. Katharinen. S. 193-234.

Collins, Randall (1999): Macrohistory. Essays in Sociology of the Long Run. Stanford.

Day, Mark (2004): „Explanatory Exclusion in History and Social Science". In: Philosophy of the Social Sciences. 34 (1). S. 20-37.

[21] Walton (2004) schlägt eine „neue dialektische Theorie der Erklärung" vor, die darin besteht, dass Erklärung durch Frage und Antwort von zwei Dialogpartnern erreicht wird: „An explanation is defined as a complex kind of speech act put forward by a proponent in a dialogue to meet a certain type of request made by a respondent." (Walton 2004: 83). Man könnte Computersimulationen in den Geschichtswissenschaften nun so verstehen, dass sie einen – wenn auch in den Fähigkeiten beschränkten – Dialogpartner darstellen, der auf Fragen bezüglich der interessierenden historischen Ereignisse sehr spezifische Antworten gibt. Natürlich sind diese durch Antecedensbedingungen, Hypothesen und Designentscheidungen, die in eine Computersimulation einfließen, determiniert. In diesem Sinne liefern sie also nicht mehr, als in die Simulation investiert wurde. Doch entsprechende Antworten können helfen, Zusammenhänge der getroffenen Annahmen aufzuzeigen; Zusammenhänge, die oft eben nicht offensichtlich sind.

De Mey, Tim (2005): „Remodeling the Past“. In: Foundations of Science. 10. S. 47-66.

Dean, Jeffrey S./Gumerman, George J./Epstein, Joshua M./Axtell, Robert L./Swedland, Alan C./Parker, Miles T./McCarrol, Steven (1999): „Understanding Anasazi Culture Change through Agent Based Modeling“. In: Kohler, Timothy A./Gumerman, George J. (Hg.): Dynamics in Human and Primate Societies: Agent Based Modeling of Social and Spatial Processes. New York. S. 179-205.

Deutsch, Karl W. (1987): „Foreword: Globus – The Rise of a New Field of Political Science“. In: Bremer, Stuart A. (Hg.): The Globus Model. Computer Simulation of Worldwide Political and Economic Developments. Frankfurt/Main. S. VII-XXII.

Dilthey, Wilhelm (1993): Der Aufbau der geschichtlichen Welt in den Geisteswissenschaften. Frankfurt/Main.

Dopico, Fausto (1987): „The Transformation of Spanish Society, 1800-1950: State of the Art“. In: Jarausch, Konrad H./Schröder, Wilhelm H. (Hg.): Quantitative History of Society and Economy: Some International Studies. St. Katharinen. S. 142-168.

Elias, Norbert (1972): „Soziologie und Geschichtswissenschaft“. In: Wehler, Hans-Ulrich (Hg.): Geschichte und Soziologie. Köln. S. 53-77. [Modifiziert aus: Elias, Norbert (1969): Die höfische Gesellschaft. Neuwied. S. 13-59].

Epstein, Joshua M./Axtell, Robert L. (1996): Growing Artificial Societies – Social Science from the Bottom Up. Cambridge/Massachusetts.

Feinstein, Andrew H./Cannon, Hugh M. (2003): „A Hermeneutical Approach to External Validation of Simulation Models“. In: Simulation & Gaming. 34 (2). S. 186-197.

Feinstein, Charles H./Thomas, Mark (2002): Making History Count. A primer in quantitative methods for historians. Cambridge.

Forrester, Jay W. (1971): World Dynamics. Cambridge/Massachusetts.

Fraedrich, D./Goldberg, A. (2000): „A methodological framework for the validation of predictive simulations“. In: European Journal of Operational Research. 124. S. 55-62.

Geiss, Imanuel (1998): Zukunft als Geschichte. Historisch-politische Analysen und Prognosen zum Untergang des Sowjetkommunismus, 1980-1991. Stuttgart.

Gendler, Tamar Szabo (1998): „Galileo and the Indispensability of Scientific Thought Experiments“. In: The British Journal for the Philosophy of Science. 49 (3). S. 397-424.

Gilbert, Nigel/Troitzsch, Klaus G. (1999): Simulation for the Social Scientist. Buckingham.

Grosch, Waldemar (2002): Computerspiele im Geschichtsunterricht. Schwalbach.

Halfpenny, Peter (1997): „Situating Simulation in Sociology“. In: Sociological Research Online. 2 (3). <http://www.socresonline.org.uk/socresonline/2/3/9.html> [letzter Zugriff: 13.09.2007].

Haussmann, Thomas (1991): Erklären und Verstehen: Zur Theorie und Pragmatik der Geschichtswissenschaft. Frankfurt/Main.

Hegselmann, Rainer (1996): „Cellular Automata in the Social Sciences. Perspectives, Restrictions, and Artefacts“. In: Hegselmann, Rainer/Mueller, Ulrich/ Troitzsch, Klaus G. (Hg.): Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View. Dordrecht. S. 209-233.

Hempel, Carl G. (1977): Aspekte wissenschaftlicher Erklärung. Berlin.
Hudson, Pat (2000): History by Numbers. An Introduction to Quantitative Approaches. London.
Hughes, H. Stuart (1960): „The Historian and the Social Scientiest". In: American Historical Review. 66. S. 20-46.
Ineichen, Hans (1991): Philosophische Hermeneutik. Freiburg.
Kittsteiner, Heinz Dieter (Hg.) (2004). Was sind Kulturwissenschaften? 13 Antworten. München.
Klein, Esther E./Herskovitz, Paul J. (2005): „Philosophical foundations of computer simulation validation". In: Simulation & Gaming. 36 (3). S. 303-329.
Klüver, Jürgen/Stoica, Christina/Schmidt, Jörn (2003): „Formal Models, Social Theory and Computer Simulations: Some Methodical Reflections". In: Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 6 (2). Abgerufen am 13.07.2007: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/8.html.
Kocka, Jürgen/Ránki, György (Hg.) (1985): Economic Theory and History. Budapest.
Komlos, John/Artzrouni, Marc (1993): „Ein Simulationsmodell der Industriellen Revolution". In: Vierteljahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte. 80 (X). S. 324-338.
Kurzman, Charles (2004): „Can Understanding Undermine Explanation? The Confused Experience of Revolution". In: Philosophy of the Social Sciences. 34 (3). S. 328-351.
Lakatos, Imre (1974): „Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes". In: Lakatos, Imre/Musgrave, Alan (Hg.): Criticism and the Growth of Knowledge. London. S. 91-196.
Lee, Clive H. (1977): The Quantitative Approach to Economic History. London.
Lee, M. H./Lacey, N. J. (2003): „The Influence of Epistemology on the Design of Artificial Agents". In: Minds and Machines. 13. S. 367-395.
Leplin, Jarrett (1997): A Novel Defense of Scientific Realism. New York.
Lepperhof, Niels (2000): „Dreamscape: Simulation der Entstehung von Normen im Naturzustand mittels eines computerbasierten Modells des Rational-Choice-Ansatzes". In: Zeitschrift für Soziologie. 29 (6). S. 463-484.
Malsch, Thomas/Florian, Michael/Jonas, Michael/Schulz-Schaeffer, Ingo (1998): „Sozionik". In: Malsch, Thomas (Hg.): Sozionik. Soziologische Ansichten über künstliche Sozialität. Berlin. S. 9-24.
Martial, Frank von (1992): „Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz". In: KI. 1. S. 6-11.
Maset, Michael (2002): „Kultur *oder* Gesellschaft? Zur Diskussion einer kulturwissenschaftlichen Wende in der deutschen Geschichtswissenschaft". In: Helduser, Urte/Schwietring, Thomas (Hg.): Kultur und ihre Wissenschaft. Beiträge zu einem reflexiven Verhältnis. Konstanz. S. 151-178.
McLachlan, Hugh V. (1980): „Popper, Marxism and the Nature of Social Laws". In: British Journal of Sociology. 31 (1). S. 66-77.
Meadows, Donella H./Meadows, Dennis L./Randers, Jorgen/Behrens, William W. III (1972): The Limits to Growth. New York.
Meier, Robert C./Newell, William T./Pazer Harold L. (1969): Simulation in Business and Economics. Englewood Cliffs/New Jersey.

Meran, Josef (1988): „Historische Methode oder Methoden in der Historie? Eine Frage im Lichte der Methodologiegeschichte“. In: Meier, Christian/Rüsen, Jörn (Hg.): Historische Methode. Beiträge zur Historik, Band 5. München. S. 114-129.
Mithen, Steven (1994): „Simulating prehistoric hunter-gatherer societies“. In: Gilbert, Nigel/Doran, Jim (Hg.): Simulating societies. The computer simulation of social phenomena. London. S. 165-193.
Nersessian, Nancy J. (1992): In the Theoretician's Laboratory: Thought Experimenting as Mental Modeling. PSA Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. Volume 2: Symposia and Invited Papers. S. 291-301.
Opp, Karl Dieter (1979): Individualistische Sozialwissenschaft. Stuttgart.
Opp, Karl-Dieter (1978): „Das ‚ökonomische Programm' in der Soziologie“. In: Soziale Welt. 29. S. 128-154.
Opp, Karl-Dieter (1995): Methodologie der Sozialwissenschaften. Opladen.
Popper, Karl R. (1960): The Poverty of Historicism. London.
Popper, Karl R. (1962): „Die Logik der Sozialwissenschaften“. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 14. S. 233-248.
Popper, Karl R. (1989): Logik der Forschung. Tübingen.
Remondino, Marco (2005): „Reactive and Deliberative Agents Applied to Simulation of Socio-Economical and Biological Systems“. In: International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology. 6 (12-13). S. 11-25.
Saalfeld, Diedrich (1977): „Kriterien für eine quantifizierende Darstellung der sozialen Differenzierung einer historischen Gesellschaft – Das Beispiel Göttingen 1760-1860“. In: Best, Heinrich/Mann, Reinhard (Hg.): Quantitative Methoden in der historisch-sozialwissenschaftlichen Forschung. Stuttgart. S. 65-87.
Schleiermacher, Friedrich D. E. (1993): Hermeneutik und Kritik. Frankfurt/Main.
Seiffert, Helmut (1992): Einführung in die Hermeneutik. Tübingen.
Siebert, Horst (1970): „Simulation als Informationsinstrument der Wirtschaftspolitik“. In: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft. 126 (3). S. 409-426.
Söderberg, Johan (1987): „Trends in Inequality in Sweden, 1700-1914“. In: Jarausch, Konrad H./Schröder, Wilhelm H. (Hg.): Quantitative History of Society and Economy: Some International Studies. St. Katharinen. S. 58-78.
Spree, Reinhard (1977): „Zur quantitativ-historischen Analyse ökonomischer Zeitreihen: Trends und Zyklen in der deutschen Volkswirtschaft von 1820 bis 1913“. In: Best, Heinrich/Mann, Reinhard (Hg.): Quantitative Methoden in der historisch-sozialwissenschaftlichen Forschung. Stuttgart. S. 126-161.
Stegmüller, Wolfgang (1969): Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Band I: Wissenschaftliche Erklärung und Begründung. Berlin.
Taber, Charles S.; Timpone, Richard J. (1996): Computational Modeling. (Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, 113). Thousand Oaks.
Townsend, Robert M. (1993): The Medieval Village Economy. A Study of the Pareto Mapping in General Equilibrium Models. Princeton.
Troitzsch, Klaus G. (1994): „The evolution of technology“. In: Gilbert, Nigel/ Doran, Jim (Hg.): Simulating societies. The computer simulation of social phenomena. London. S. 41-62.

Troitzsch, Klaus G. (1998): „The evolution of technologies“. In: Ahrweiler, Petra/Gilbert, Nigel (Hg.): Computer Simulations in Science and Technology Studies. Berlin. S. 103-116.

Vanberg, Viktor (1975): Die zwei Soziologien. Individualismus und Kollektivismus in der Sozialtheorie. Tübingen.

Walton, Douglas (2004): „A New Dialectical Theory of Explanation“. In: Philosophical Explorations. 7 (1). S. 71-89.

Weber, Karsten (2007): „Simulationen in den Sozialwissenschaften“. In: Journal for General Philosophy of Science. 38. S. 111-126.

Weiß, Alexander (2007): „Computerspiele als Aufbewahrungsform des Politischen. Politische Theorie in *Age of Empires* und *Civilization*“. In: Bevc, Tobias (Hg.): Computerspiele und Politik. Zur Konstruktion von Politik und Gesellschaft in Computerspielen. Berlin. S. 77-97.

Wesener, Stefan (2007): „Geschichte in Bildschirmspielen. Bildschirmspiele mit historischem Inhalt“. In: Bevc, Tobias (Hg.): Computerspiele und Politik. Zur Konstruktion von Politik und Gesellschaft in Computerspielen. Berlin. S. 141-164.

Yamaguchi, Mitoshi (1987): „The Transition from Agricultural to Industrial Society; Japanese Case, 1880-1970“. In: Jarausch, Konrad H./Schröder, Wilhelm H. (Hg.): Quantitative History of Society and Economy: Some International Studies. St. Katharinen. S. 169-192.

Zarnowski, Janusz (1987): „Social Inequality in 20th Century Poland“. In: Jarausch, Konrad H./Schröder, Wilhelm H. (Hg.): Quantitative History of Society and Economy: Some International Studies. St. Katharinen. S. 94-112.