

0. EINLEITUNG - COMPUTERSIMULATIONEN IN DEN WISSENSCHAFTEN

1. Motivation und Herangehensweise

Der Titel der vorliegenden Arbeit lautet Semiotik und Simulation und der Begriff Simulation meint computerbasierte Simulationen in den Wissenschaften. Die Motivation sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen, resultiert aus der zunehmenden Bedeutung der Simulation in den mathematisierten Wissenschaften. Mittlerweile erweitert die Simulation die traditionellen Methoden der Theorie und des Experiments als neue Methode. Doch obwohl die Simulation als Methode neueren Datums ist, ist sie verglichen mit der Computerentwicklung bereits relativ alt. Denn bereits zu Beginn der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts hat John von Neuman mit der Differenzenmethode das erste Simulationsverfahren entwickelt und schon damals wies er auf die Bedeutung des wissenschaftlichen Rechnens hin. Heutzutage werden Stimmen in den Wissenschaften laut, welche die der Simulation zugrundeliegende angewandte Mathematik als die Schlüsselressource des neuen Jahrhunderts für die Wissenschaften bezeichnen und mit ihr die Simulation.¹

Die Wissenschaften verwenden verschiedene Arten der Simulation: Stochastische, quantenmechanische und deterministische Simulationen. Deterministische Simulationen sind numerische Simulationen partieller Differentialgleichungen und werden zur Darstellung strömungsdynamischer Sachverhalte in der Physik oder den Ingenieurwissenschaften verwandt, während quantenmechanische Simulationen im Molecular Modelling der Chemie Anwendung finden. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich in erster Linie auf deterministische Simulation, wenn auch das Ziel ist, einen Begriff der Simulation zu erarbeiten, der auf alle wissenschaftliche Computersimulationen angewandt werden kann.

Die Aktualität der Thematik hat jedoch ihren Preis. Bislang liegen weder in der Philosophie, noch in der Wissenschaftstheorie grundlegende Publikationen zur Simulation als neuer Methode vor. Von daher besteht die vordringlichste Aufgabe der Arbeit darin, ein begriffliches Instrumentarium zu erschließen, das den philosophischen Diskurs zu diesem Thema erlaubt. Die der Arbeit zugrunde liegende Frage lautet: Was ist die Simulation? Beziehungsweise was sind die simulativen Momente der Computersimulation als wissenschaftliche Methode? Und die These der Arbeit lautet: Die Computersimulation ist nicht nur eine neue Methode in den Wissenschaften, sondern auch ein neues Symbolsystem, das auf einem neuen Typus von Schriftlichkeit basiert - der digitalen Schrift. Aus dieser These leitet sich die inhaltliche Aufgabe ab, die in der Differenzierung des philosophischen, an Sprache ori-

entierten Schriftbegriffs besteht und neben der phonetischen Schrift eine formale und neu: digitale Schrift identifiziert. Darüber hinaus motiviert die These den semiotischen Ansatz. Stand die Simulation als neue wissenschaftliche Methode im Mittelpunkt meiner Magisterarbeit,² so widmet sich die Doktorarbeit ausschließlich der Simulation als neues Symbolsystem.

2. Grundlegender Gedankengang

Beschäftigt man sich mit wissenschaftlichen Computersimulationen, so drängt sich als erstes die Frage auf: Wie muß Wissenschaft strukturiert sein, um eine neue Methode beziehungsweise ein neues Symbolsystem wie die Simulation hervorzubringen? Eine solche Wissenschaft hat Systeme zum Gegenstand, deren strukturelle Zusammenhänge sich in den Wirkungen auf die Elemente des Systems zeigen. Diese Wirkungen lassen sich nicht nur theoretisch beschreiben, sondern formalisieren, indem sie funktionalisiert werden, also indem man bestimmt, wie zwei Wirkungen auf ein Element verrechnet werden - addiert, subtrahiert, multipliziert oder auf Basis komplexerer funktionaler Verknüpfungen. Die basale Annahme einer solchen Betrachtungsweise fordert den Erhalt der konstitutiven strukturellen Merkmale eines Systems im Laufe seiner wissenschaftlichen Verarbeitung: Von der Beobachtung über die theoretische Beschreibung und Formalisierung, bis hin zur Simulation und schließlich Visualisierung.³ Aus dieser Annahme resultiert das Erkenntnisinteresse der Wissenschaftler an Formalisierungen und Berechnungen.

Eine solche Betrachtungsweise impliziert bereits zwei verschiedene Arten der Schriftverwendung: Eine sprachorientierte, phonetische Schrift für die theoretische Beschreibung und eine formale Schrift für die Formalisierung. Schon an hier muß ein allein an Sprache ausgerichteter Schriftbegriff versagen, schließlich besteht die maßgebliche Leistung moderner Wissenschaft in der Überführung sprachbasierter Zusammenhänge in formalisierte. Oder anders gesprochen: Die maßgebliche Leistung zeigt sich in der zunehmenden semiotischen Fundierung der Wissenschaften aufgrund ihrer Mathematisierung. Und nun - so die These der Arbeit - etabliert die Wissenschaft einen neuen, dritten Typus von Schriftlichkeit, die digitale Schrift, die der Computersimulation zugrunde liegt und um so dringlicher die Differenzierung des Schriftbegriffs erfordert.

¹ „Die Komplexität vieler Systeme ... überschreitet bei weitem das Potential konventioneller Verfahren und Rechenanlagen. Diese Situation hat die Entwicklung einer dritten wissenschaftsmethodischen Kategorie erzwungen: die „Computational Science“, die Theorie und Experiment qualitativ und methodisch ... ergänzt.“ Hoßfeld 1991, S. 1

² Gramelsberger, G.: Theorie – Simulation – Experiment. Computergestützte Simulation als erkenntnistheoretische Erweiterung der Erklärungs- und Prognosemöglichkeiten in den Naturwissenschaften, Magisterarbeit an der Universität Augsburg 1996. Ziel der Arbeit war es eine Einordnung der Simulation als Methode in ein wissenschaftliches Modell zu erarbeiten sowie die Grenzen der Simulation als finite Approximation aufzuzeigen.

- Was ist digitale Schrift?

Schrift, deren maßgebliches Kriterium nicht mehr die an extrasymbolischen Bezügen orientierte Semantik sein kann, bedarf eines Begriffs, der allein auf der Syntax als Definium basiert. Einen solchen Schriftbegriff hat Nelson Goodman in seiner Symboltheorie formuliert.⁴ Schrift grenzt sich laut Goodman als Symbolsystem vom Bild dadurch ab, das es ein syntaktisch disjunktes und differenziertes Symbolschema aufweist im Unterschied zum syntaktisch dichten Symbolschema des Bildes. Ein Schriftbegriff, der auch auf die digitale Schrift anwendbar sein soll, muß diesem Symbolschema gerecht werden. Und dies ist tatsächlich der Fall: Digitale Schrift ist syntaktisch disjunkt - nämlich diskret - und syntaktisch differenziert - nämlich digital differenziert. Das Computeralphabet besteht aus 256 digital unterscheidbaren Zeichen, die aus der Modulation getakteter Maschinenzustände resultieren.⁵ Das größte Handicap dieser Schrift ist ihre Unanschaulichkeit, denn sie ist nicht mehr visuell realisiert, sondern allenfalls visuell präsentiert. Aber auch das muß nicht notwendiger Weise der Fall sein, denn getaktete Bitströme lassen sich als Ziffern, Buchstaben, Bildpunkte, Klänge oder mittlerweile als taktile Ereignisse präsentieren. Die Zeichenfunktionen Speichern, Operieren und Präsentieren fallen im Digitalen auseinander.

Visualität scheidet wie zuvor die Semantik als maßgebliches Kriterium für einen differenzierten Schriftbegriff aus, der alle Schriftverwendungen umfassen soll. Übrig bleibt ein, allein an dem Symbolschema orientiertes Schriftverständnis. Die Entkoppelung von der Visualität und die Rückführung auf ein digitales Schema erzeugt ein homogenes Symbolschema, das typisch für die digitale Schrift ist. Anschaulich vergleichen läßt sich das Prinzip der digitalen Schrift mit der Blindenschrift, deren Schema ebenfalls homogen ist, d.h. auf zwei Zuständen basiert – Braillepunkt/keine Braillepunkt.⁶ Je nach Konfiguration der Zustände zu Mustern lassen sich verschiedene Zeichen unterscheiden. Die Visualität spielt nur für Sehende eine Rolle, Blinden ist die Schrift allein durch die taktile Erfahrung zugänglich. Die Homogenität bedeutet nicht nur, alle Zeichen aus zwei Zuständen zu erzeugen, sondern auch die Zeichen ineinander überführen zu können. Drauf basiert das Manipulationspotential der Rechner.

- Wie ist der Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Computersimulation?

Computersimulationen basieren auf digitaler Schrift, stellen aber eine spezifische Verwendungsweise dar. Andere Verwendungsweisen wären die Textverarbeitung oder die Erzeugung von Grafiken. Die charakteristische Operationalität der wissenschaftlichen Computersimulation ist das Verrechnen der getakteten Maschinenzustände miteinander. Von daher resultiert auch der Name: numerische Simula-

³ Die Problematisierung dieser Annahme, die basal für die Simulation ist und bezüglich Fragen der Linearisierung, Diskretisierung und Endlichkeit heftig diskutiert wird, ist Thema der Magisterarbeit und wird in der vorliegenden Arbeit nicht weiter ausgeführt.

⁴ Goodman, N.: Sprachen der Kunst. Entwurf einer Symboltheorie, Frankfurt 1995

⁵ Grundlegende Differenzierungseinheit ist das Byte, bestehend aus 8 Bits, das die Modulation 255 verschiedener Zustände erlaubt und Basis der Bytzahlen sowie des ASCII-Kodes ist.

⁶ Die Blindenschrift-Zeichen werden aus einem nummerierten Raster von sechs Braillepunkt gebildet.

tion. Die Zeichen werden als numerische Werte gespeichert und verwendet, aber als Bildpunkte präsentiert. Semiotisch läßt sich ein Wert von einem Wort durch die regelbasierte Geordnetheit der semiotischen Basis der Werte differenzieren. Dem Alphabet der Schreibrift liegt keine regelbasierte Ordnung zugrunde und auch nicht den Buchstabenfolgen der Wörter. Für Werte hingegen läßt sich ein Verfahren zur Erzeugung angeben, wie beispielsweise das Zählkalkül, logische Kalküle oder meßtechnische Relationen. Damit sind Werte auch maschinell erzeugbar, wenn sich die entsprechenden Regeln algorithmisieren lassen. Und: Werte lassen sich regelbasiert ineinander überführen.

3. Bedingungen der wissenschaftlichen Computersimulation

Aus dem skizzierten Ansatz lassen sich Bedingungen ableiten, die zur Kennzeichnung einer wissenschaftlichen Computersimulation notwendig sind. Eine wissenschaftliche Bedingung, welche die formale Erfassung von strukturellen Zusammenhängen und die Funktionalisierung und Quantifizierung der Wirkungen eines Systems voraussetzt. Eine strukturelle Bedingung, welche den Erhalt der konstitutiven strukturellen Merkmale fordert. Eine semiotische Bedingung, welche die charakteristische Operationalität maschinell erzeugbarer und nach definierten Regeln ineinander transformierbarer Zeichen fordert. Und eine mediale Bedingung, welche die Realisierung mit einem syntaktisch disjunkten und differenzierten Symbolschema, das aufgrund seiner Homogenität die Transformation der Zeichen erlaubt, vorsieht. Aus diesen Bedingungen ergibt sich eine Beschreibung der Computersimulation als ein Verfahren zur Darstellung funktionalisierter und quantifizierter Wirkzusammenhänge eines Systems, indem es die verrechenbaren Wirkungen gemäß eines Algorithmus auf den semiotischen Entitäten direkt ausführt. D.h. das Simulative ist die tatsächliche Ausführung also die Nachbildung der Wirkungen eines Systems im Semiotischen und nicht die Beschreibung der Wirkungen, sei dies textlich oder formal. Die Simulation setzt den operativen Symbolismus der formalen Schrift dynamisch um.

- *Was wird sichtbar?*

Als Referenz an unsere Anschauung bedarf es der visuellen Präsentation der numerischen Resultate. Dabei werden zwei weitere Bedingungen für die Simulation notwendig. Zum einen die variable Präsentierbarkeit der Zeichen, wie dies die digitale Schrift gewährleistet. Die Ergebnisse können als Ziffern, Bildpunkte oder Töne dargestellt werden. Zum anderen ein rein quantitativer Effekt auf Basis der rasant anwachsenden Leistungskapazitäten der Rechner. Denn es ist eine Masse an Berechnungen notwendig, um hinreichend komplexe Systeme simulieren zu können und um ausreichend Daten zu erhalten. Die Masse der Daten ist zudem für die Ikonizität der Visualisierung verantwortlich. Die syntaktische Fülle der Simulationsbilder simuliert syntaktische Dichte, die laut Goodman das charakteristische Kriterium für das Symbolsystem Bild ist. Simulationsbilder sind insofern Grenzfälle zwischen Bild und Schrift. Allerdings sind die Simulationsbilder selbst unaussagekräftig. Sie müssen erst mit

Informationen angereichert und mit ihrem theoretischen Kontext verschränkt werden. Dies geschieht mit Hilfe von Verweisungssystemen wie Nummerierungen, Farbwertkodierungen, Legenden, Beschreibungen und mehr. Erst dann entsteht ein komplexes Bild, das als solches für wissenschaftliche Interpretation zu gebrauchen ist.

Der interessanteste Aspekt der Simulationsbilder ergibt sich jedoch aus der Frage: Was wird sichtbar? Lapidar könnte man sagen, die Simulationsbilder sind ikonisch umgesetzte Numerik. Tatsächlich jedoch sehen wir Bilder von Theorien, denn die Visualisierungen zeigen theoretisch formulierte, formalisierte und simulierte strukturelle Aspekte eines Systems beziehungsweise seines dynamischen Verhaltens. Simulationsbilder unterliegen als Bilder von Theorien keiner Begrenzung der Anschauung, sondern allenfalls der Formalisierung und Simulierbarkeit. Sind jedoch keine fiktiven Bilder und sie sind keine Abbildungen. Die wissenschaftliche Computersimulation ist somit ein Symbolsystem das Bereiche, die sich der Anschauung entziehen sichtbar macht, beispielsweise subatomare Bereiche. An dieser Stelle eröffnen sich zahlreiche interessante Aspekte für eine philosophische Diskussion, wie die Frage nach dem Realitätsgehalt der Bilder oder nach dem Anteil der Vorstellungen an den Simulationsbildern, die sich nicht nur aus den Berechnungen ergeben, sondern die in der Theorie verschlüsselt sind.

4. Aufbau der Arbeit

Dem skizzierten Gedankengang folgend wird im ersten Teil der Arbeit ein kurzer Überblick über den Einsatz des Wissenschaftlichen Rechnens gegeben. Daran schließt sich im zweiten und im dritten Teil eine semiotische Analyse der Zeichensysteme an, die der Entwicklung von der Beschreibbarkeit, über die Berechenbarkeit, hin zur Simulierbarkeit folgt. Abschließend werden im vierten Teil grundlegende Fragen zum Zeichenbegriff, zum Symbolischen und zum epistemologischen Gewinn diskutiert.