Inge Hinterwaldner

Simulationsmodelle

Zur Verhältnisbestimmung von Modellierung und Bildgebung in interaktiven Echtzeitsimulationen

Seit den 1990er Jahren betont die Wissenschaftsforschung die einzelnen Bearbeitungsschritte für Simulationsmodelle. Obwohl die Visualisierung der Berechnungsergebnisse der Simulation für das Verständnis und die Auswertung durchgehend als essenziell eingestuft wird, steht eine genaue Erforschung der Freiheitsgrade der bildlichen Darstellung noch aus. Anhand von drei Ebenen wird plausibel gemacht, warum eine bildliche Darstellung bei Simulationen partiell eigenständig ist und es problematisch wird, in ihr einen einfachen Übertrag zu vermuten. Zu betrachten ist erstens der syntaktische Unterschied zwischen Form/Bild und Dynamik. Zweitens kommen in Echtzeitsimulationen meist noch Verschiebungen und Auswahlverfahren auf einer höheren motivischen Stufe vor. Schließlich können drittens über die ikonische Ebene Inhalte erzeugt werden, die nicht unbedingt im Vergleich zum Modell ihre Charakterisierung finden.

Modellierungsschritte

Modelle spielen seit jeher in den Wissenschaften eine Rolle. Jedoch zeigen sich die Forschenden aus dem Gebiet der Wissenschaftsphilosophie uneinig darüber, welcher Status ihnen zuerkannt werden soll. Da an dieser Stelle nicht das Ziel einer Historisierung und Kontextualisierung der einzelnen Positionen verfolgt wird, seien zur groben Orientierung nur einige wenige Wegmarken aufgezeigt. Während in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts unter Wissenschaftstheoretikern oft die Meinung vertreten wurde, Modelle seien Repräsentationen von dahinter stehenden Theoriegebäuden, so betont man seit den 1990er Jahren mit Blick auf den wissenschaftlichen Alltag vermehrt die eigene Domäne und Rolle der Modelle im Forschungskontext. Die Untermauerung dieser Ansicht gelingt überzeugend dort, wo die Wissenschaftsforscher die einzelnen Arbeitsschritte im Modellierungsprozess unterscheiden und untersuchen sowie deren jeweiliges Erkenntnispotenzial offen legen.

Das Augenmerk der vorliegenden Erörterung liegt auf Modellen, die dynamischen Simulationen unterlegt sind. Hierzu liest man im Brockhaus folgenden Eintrag: »Die Entwicklung einer Simulation beginnt mit der Konstruktion eines Simulationsmodells, das die wesentlichen Eigenschaften der zu simulierenden Vorgänge und ihre Wechselwirkungen widerspiegelt. Alle Ergebnisse einer Simulation beziehen sich nur auf das zugrunde liegende Modell.«[1] Nicht Theorien werden in

1 Artikel »Simulation«. In: Der Brockhaus. Computer und Informationstechnologie. Hardware, Software, Multimedia, Internet, Telekommunikation, Mannheim, Leipzig 2003, S. 811.

Computern gerechnet, sondern Modelle. Diese müssen vielen Anforderungen genügen, darunter auch Theorieannahmen und dem Organisationsprinzip der von Neumann-Architektur des Rechners. Bei der Auswertung der Berechnungsergebnisse bilden die Modelle die wahren Bezugsgrößen. Die angesprochenen Modelle, die die Referenz für die Ergebnisse bilden, sind jene Varianten, die in einem Computerprogramm implementierbar sind. Zu diesen kommt man meist jedoch nicht direkt, sondern über einen längeren Vorgang der Gestaltung, der häufig seinen Ausgangspunkt in Theorieannahmen findet, aber nicht zwingend finden muss. Bis eine Simulation ausgeführt werden kann, sind in aller Regel mehrere aufeinander aufbauende Stufen der Modellierung zu durchlaufen. Mithin besteht ein größerer Unterschied zwischen dem im Sinne der Annahmen theoretisch konzipierten Modell und dem Rechenbaren.

Günter Küppers und Johannes Lenhard zeigen auf, dass es kein striktes Ableitungsverhältnis zwischen physikalisch-mathematischem Modell und Simulationsmodell gibt, sondern vielmehr für die Simulationsmodellierung ein gewisser Freiraum bestehe. Damit betonen sie als einen grundlegenden Aspekt deren potentielle Autonomie: Sie seien nicht zu rein numerischen Kalkulationen degradierbar, da sie etwa zur Erreichung einer ›realistischen‹ Wiedergabe der Dynamik von vorhandenen Theorievorgaben Abstand nehmen und »sich ganz kontra-intuitiv auf artifizielle, physikalisch unmotivierte Annahmen« stützen.[2] Um diese Freiheiten des prozessierbaren Simulationsmodells gegenüber den Grundgleichungen zu betonen, seien erstere als ›Modellierungen zweiter Ordnung‹ im Sinne einer iterierten Modellkonstruktion zu verstehen.

Eric Winsberg hingegen vertritt nicht eine solch zweistufige Folge von Modellgenerationen, sondern würde in der Begrifflichkeit von Küppers und Lenhard wahrscheinlich von weiteren Graden der Ordnung sprechen. Er unternimmt den Versuch, unterschiedliche Modellierungsinstanzen aufzufinden und zu benennen. Die einzelnen Schritte dürfen seiner Meinung nach nicht außer Acht gelassen werden, da es sich jeweils um Instanzen der Wissensgenerierung handelt. Computersimulationen beinhalten eine komplexe Kette von Deduktionen, die auf allen Ebenen auf elaborierten Modellierungspraxen basieren. Diese wiederum nützen dazu, das initiale theoretische Modell in ein solches umzuformen, das dafür gemacht ist, eine Repräsentation des gegebenen Verhaltens eines physikalischen Systems zur Verfügung zu stellen: »it is one thing for theory to directly yield a model, and quite another for theory to be able to yield a model for which we can find solutions. […] Successful numerical methods, therefore, invariably require of the simulationists that they transform the model suggested by theory in significant ways. Idealizations, approximations, and even selfconscious falsifications

An dieser Stelle möchte ich Tanja Klemm und Hans Diebner für die vielen Hinweise danken.

2 Günter Küppers, Johannes Lenhard: »Computersimulationen: Modellierungen 2. Ordnung«. In: Journal for General Philosophy of Science 36 (2005), S. 305–329; hier S. 323.

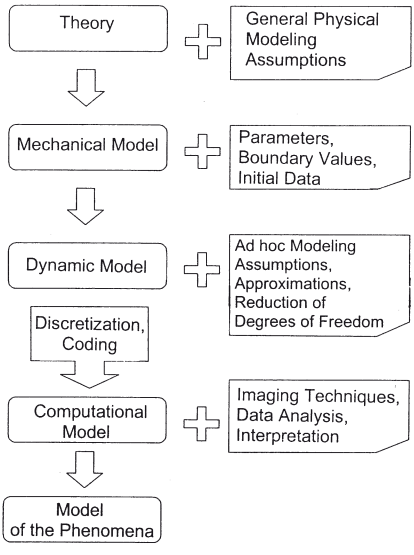

Abb. 1: Eric Winsbergs Hierarchie-Modell der Modellierung (1999).

are introduced into the model.«[3] Das Herzstück einer jeden Simulation, so Winsberg an einer anderen Stelle, liege in der Konstruktion einer ganzen Hierarchie von Modellen (Abb. 1): Zunächst müsse die Theorie artikuliert werden, indem man sie auf ein reales System bezieht. Dies geschieht im mechanischen Modell (auch ›theoretisches Modell‹ genannt). Dieses wiederum werde über die Spezifizierung von Parameterklassen, Grenzwerten und Anfangsbedingungen auf einen bestimmten Phänomenbereich zugeschnitten und somit zu einem konkreten dynamischen Modell. In Fällen mit analytischer Unlösbarkeit – und speziell diese sind für Simulationen (numerische Ausführungen) interessant – müsse dieses wiederum einer Veränderung unterzogen, das heißt in ein ausführbares Modell überführt werden. Als weiteren Schritt stellt Winsberg das ›ad hoc modeling‹ vor: Dies seien meist Simplifizierungen, um das rechenbare Modell einfacher handhabbar zu machen. Nun könne man das rechenbare Modell, das in Form eines bestimmten Algorithmus formuliert ist, ausführen. Es produziere meist eine große Datenmenge, die interpretiert werden müsse. Die Auslegung könne auf unterschiedlichste Weise passieren: über Visualisierung, mathematische Analysen oder andere Wissensquellen. Dies alles führe zum Endprodukt der Anstrengungen, nämlich zu einem Modell des Phänomens: »A model of the phenomena is a manifold representation that embodies the relevant knowledge, gathered from all relevant sources, about the phenomena. It can consist of mathematical relations and laws, images, both moving

3 Eric Winsberg: »Simulated Experiments. Methodology for a Virtual World«. In: Philosophy of Science 70 (2003), S. 105–125; hier S. 108.

and still, and textual descriptions.«[4] Auch wenn das Diagramm diese Aussage ausschließlich auf den letzten Modellierungsschritt zu beziehen scheint, ist sie – vergleicht man andere Textpassagen Winsbergs – eher als ein Fazit zu interpretieren, bei dem er abschließend all jenes aufführt, was in jedem Schritt des Modellierungsprozesses verteilt immer schon eingeflossen ist. Andere Textpassagen belegen besser, dass nicht nur am Schluss, sondern auf jeder Stufe alle verfügbaren Quellen angezapft werden.[5] Die Integration verlangt eine Übersetzung der disparaten Elemente in etwas mit einer kompatiblen Form. Darüber hinaus müssen sie derart gefugt werden, dass sie eine Gleichung formen, die als Repräsentation des Modellierten gelten kann.

Winsberg und Marcel Boumans[6] zufolge setze man häufig voraus,[7] dass Theorien schon einen mathematischen Rahmen vorgeben würden. Man übersehe dadurch irrtümlicherweise die gesamten Zwischenschritte des mathematischen Modellierens. Wie bereits angedeutet, ist die letzte Stufe des rechenbaren, implementierten mathematischen Modells für die Simulation ausschlaggebend; denn die Ergebnisse der Simulation referieren auf es, zumindest, wenn man – im wörtlichen Sinne – die Rechnung ohne die Betrachter macht.

Einschätzungen zur Ikonisierung im Kontext von Simulationen

Die erlangten Berechnungsergebnisse der Simulationen sind jedoch nicht ohne weiteres erhellend: »eine numerische Lösung [ist] für sich allein gesehen nur von geringem Nutzen. Eine Simulation dauert in der Regel mehrere Stunden, obwohl moderne Supercomputer pro Sekunde eine Milliarde Rechenoperationen ausführen. Schon Teilergebnisse umfassen mehrere Milliarden Werte. Solche gigantischen Zahlenmengen kann der Mensch aber nur dann verarbeiten, wenn sie bildlich dargestellt werden.«[8] Vergleichbar einhellig wie die aktuell hohe Einstufung des epistemischen Status von Modellen in den Wissenschaften lesen sich die Passagen zur ›Visualisierung‹ der errechneten Ergebnisse: deren Relevanz scheint unbestritten. Um nur ein Beispiel herauszugreifen: Paul Humphreys stuft die bildliche Darstellung als unabdingbar und als Teil der Simulation ein: »It is partly because

4 Eric Winsberg: »The Hierarchy of Models in Simulation«. In: Lorenzo Magnani, Nancy Nersessian, Paul Thagard (Hg.): Model-Based Reasoning in Scientific Discovery, New York 1999, S. 255–269; hier S. 259.

5 Siehe zum Beispiel Eric Winsberg: Simulation and the Philosophy of Science. Computationally Intensive Studies of Complex Physical Systems, Dissertation, Indiana University, Bloomington 1999, S. 50 und S. 61.

6 Marcel Boumans: »Built-in-justification«. In: Mary Morgan, Margaret Morrison (Hg.): Models as Mediator. Perspectives on Natural and Social Sciences, Cambridge 1999, S. 66–96.

7 Vgl. Nancy Cartwright: How the Laws of Physics Lie, Oxford 1983.

8 William Kaufmann, Larry Smarr: Simulierte Welten. Moleküle und Gewitter aus dem Computer, [New York 1993], übers. von Dirk Meenenga, Isabelle Jahraus, Heidelberg, Berlin, Oxford 1994, S. 15.

of the importance for humans of qualitative features such as these that computer visualizations have become so widely used. Yet graphical representations are not simply useful; they are in many cases necessary because of the overwhelming amount of data generated by modern instruments [...]. A flight simulator on which pilots are trained would be significantly lacking in its simulation capabilities if the ›view‹ from the ›window‹ was represented in terms of a massive numerical data array. Such data displays in numerical form are impossible for humans to assimilate, whereas the right kind of graphical displays are, perceptually, much easier to understand.«[9] Diese Wortwahl – sie sei (nicht einfach, sondern nur) einfacher zu verstehen – lässt schon anklingen, dass die bildliche Darstellung nicht als selbstverständlich anzusehen ist.

Ihre Rolle wird im Allgemeinen also nicht etwa marginalisiert, sondern für die Einsicht, Verständnisgewinnung, Auswertung, Validierung, Rechtfertigung etc. als zentral eingestuft. Die fast durchgängige Betonung der Nützlichkeit oder Unverzichtbarkeit steht bislang in einem Ungleichgewicht zur spärlichen Aufmerksamkeit, die der bildlichen Darstellung in diesem Kontext wissenschaftlich fundiert angedeiht. Es ist auffallend, dass sehr viele Wissenschaftstheoretiker, die sich mit Simulationen beschäftigen, minutiös die Erstellung der Modelle nachzeichnen und deren Eigenleben betonen, dann aber die differenzierte Sicht aus den Augen verlieren, wenn es zur Einführung bildlicher Elemente kommt. Meist findet keine detaillierte Analyse dessen statt, was zwischen dem prozessierbaren und prozessierten Algorithmus und dessen Ausgabe in Form von Zahlenkolonnen einerseits und deren Ikonisierung andererseits passiert. Dies verraten etwa die häufig anzutreffenden überbrückenden Formulierungen, die auf den ›Übergang‹ von Daten (Dynamik symbolisierend und in Zahlenreihen einsehbar) zur bildhaften Darstellung hinweisen. Durch das fehlende Hinterfragen scheint oft ein Automatismus beziehungsweise eine konstant bleibende Semantik angenommen zu werden, wobei die ›Visualisierung‹ durch ihre Art auf andere, anschauliche Weise das hervorkehre, was in den Zahlenreihen auch stecke.

Obwohl sich Winsberg an anderer Stelle durchaus ausführlicher der Bildgebung von Simulationen widmet, die er anhand eines Beispiels aus der Wetterforschung expliziert,[10] schleichen sich in der Verknappung der Darlegung auch bei ihm Formulierungen ein, die zu kurz greifen: ›Von Simulationen kreierte Bilder‹ oder ›direkte Visualisierungen von Datensätzen‹.[11] Bei William Kaufmann und Larry Smarr liest man von einer ›Umwandlung der Berechnungsdaten in Computerbilder‹,[12] Helmut Neunzert spricht von der Praxis der ›Verwandlung der

9 Paul Humphreys: Extending Ourselves. Computational Science, Empiricism, and Scientific Method, Oxford 2004, S. 112f.

10 Eric Winsberg: »Sanctioning Models. The Epistemology of Simulation«. In: Science in Context 12 (1999), S. 275–292; hier S. 283f. Ebenso: Winsberg 1999 (wie Anm. 5), S. 83–85.

11 Winsberg 1999 (wie Anm. 5), S. 70.

12 Kaufmann, Smarr 1994 (wie Anm. 8), S. 14.

berechneten Zahlen in Bilder‹[13] oder von der ›Rückübersetzung in reale Bilder‹;[14] Paul Humphreys schreibt von einer ›Konvertierung numerischer Ergebnisse in eine grafische Form‹ und vom ›Verschieben von einem Präsentationsmodus in einen anderen‹.[15] Dies sind sprachliche Wendungen, die zumindest anzudeuten vermögen, wie das Verhältnis gemeint ist. Allerdings können sie vielerlei implizieren – und es bleibt auch meist implizit. Der gebräuchlichste Begriff ›Visualisierung‹ bezieht hingegen kaum Position. Dagegen ist nichts einzuwenden, solange man nur anmerken möchte, dass man bei einem Vorhandensein von etwas, auf das man sich bezieht, auch einen optischen Eindruck anbietet. Angesichts der detailgenauen Ausführungen zu den Modellierungsschritten suggeriert der Ausdruck ohne weitere Spezifizierung jedoch, als handele es sich um einen kleinen Schritt und um einen durchsichtigen, einfachen, fast natürlichen Übertragungsprozess ohne Entscheidungsnotwendigkeiten, innerhalb dessen nichts in Bewegung kommt. Im Kontext der Computersimulationen scheint die Visualisierung als ein überaus brauchbarer, (weil) unbedingt datentreuer krönender Abschluss ohne eigenes Potential zu einem Ergebnis verstanden. Folglich öffnen die meisten wissenschaftstheoretischen Positionen, die sich mit Computersimulationen beschäftigen, in ihren Überlegungen an dieser Stelle kein Forschungsfeld, sondern glätten über unausgesprochene Unebenheiten und Unklarheiten hinweg. Um die partielle Unabhängigkeit der bildlichen Komponenten zu erörtern, könnte man im Prinzip eine analoge Argumentationsweise verfolgen, wie sie Winsberg für den Modellbegriff in Anschlag gebracht hat: Visuelle Darstellungen seien erstens nicht deckungsgleich mit den gerechneten Zahlenreihen, sie seien darüber hinaus aber auch keine einfachen Derivate der Zahlenreihen. So wie man auch bei komplexen Systemen zwischen Theorie und dem daran angelehnten, mit vielen Ingredienzien versetzten und in etlichen Arbeitsgängen erarbeiteten berechenbaren Modell nicht von einer simplen Entsprechung ausgehen kann, so ist auch das Verhältnis zwischen Modell und Versinnlichung nicht trivial.

Freiheitsgrade der Bildgebung

Anhand mehrerer Ebenen möchte ich plausibel machen, warum und inwiefern eine bildliche Darstellung bei Simulationen eigenständig ist und es problematisch wird, in ihr eine einfache Übertragung der Daten ins Sichtbare zu vermuten. Gabriele Gramelsberger stellt im Zusammenhang mit numerischen Simulationen eine sehr interessante Frage, die ich gerne aufnehmen möchte: Woher bezieht die Form ihre Gestalt? Aus den Datenwerten oder durch gestaltgebende

13 Helmut Neunzert: »Mathematik und Computersimulation: Modelle, Algorithmen, Bilder«. In: Valentino Braitenberg, Inga Hosp (Hg.): Simulation. Computer zwischen Experiment und Theorie, Reinbek bei Hamburg 1995, S. 44–55; hier S. 53.

14 Ebd., S. 44f.

15 Humphreys 2004 (wie Anm. 9), S. 5.

Programmierung?[16] Insbesondere in den Sonderfällen von Simulationen, bei denen es sich nicht um eine visuell wahrnehmbare Darstellung von bereits vorliegenden Daten nach Abschluss der gesamten Berechnung handelt, sondern die Daten laufend noch während der Berechnung einer wahrnehmbaren Darstellung zugeführt werden, ist die Frage interessant, auch weil dieser daraus resultierende bildliche Ausdruck notwendigerweise Bewegung beinhaltet. Der Physiker Fritz Rohrlich kämpft mit der Übersetzung und erläutert dadurch umso präziser: »Simulations thus permit *theoretical model experiments*. These can be expressed by graphics that are *dynamically* ›anschaulich‹ (a difficult to translate German word that means literally ›visualizable‹ and that is best translated as ›perspicuous clear‹, ›vivid‹ and ›graphic‹ but connotates an intuitive perception). Such ›pictureableness‹ is psychologically and intuitively of tremendous value to the working scientist. It confirms (or corrects) his preconceived ideas and shows directions for improvements, for better models, or even for better theories.«[17] Wichtig ist die Aussage, dass sie als ›dynamisch anschaulich‹ seiend nützen, womit nicht die Sichtbarmachung eines Endprodukts in Form eines Diagramms oder Graphen etwa, gemeint ist, sondern eines Prozesses im Verlauf.

An dieser Stelle sei die Definition von Simulation noch mal ins Gedächtnis gerufen: Nach Brockhaus sei eine Simulation für den naturwissenschaftlichen und technischen Bereich »die modellhafte Darstellung oder Nachbildung bestimmter Aspekte eines vorhandenen oder zu entwickelnden kybernetischen Systems oder Prozesses […], insbesondere auch seines Zeitverhaltens.«[18] Simulation hat also grundlegend mit Dynamik zu tun. Diese Dynamik der Datenstrukturen als das eigentliche Resultat des Simulationsvorgangs sei nur in der ikonischen Darstellung intuitiv erfassbar, so Gramelsberger. Sie zeige sich im Gesamten nur in der Bildabfolge. »Die Transformation der Lösungswerte in Farbwerte macht die Strukturen, die sich in der Veränderung der numerischen Werte entfalten, als Gestalt in der Zeit sichtbar und ermöglicht so Aussagen über das Lösungsverhalten der Gleichung unter spezifischen Bedingungen.«[19] Nimmt man Klangfarben aus, gelten aus Farbwerten zusammengesetzte Strukturen, Abgrenzungen und Gliederungen auf einer planen Fläche als typisch ikonische Konfiguration. Wenn sich diese Strukturen in der Zeit modifizieren, so bedarf das Verhältnis des Bildlichen zur expliziten Dynamik eingehender Untersuchungen. Diese Untersuchungen könnten schon einen Schritt früher einsetzen, nämlich in jenem Moment der Sichtbarmachung von Bewegung.

---

16 Gabriele Gramelsberger: Semiotik und Simulation. Fortführung der Schrift ins Dynamische. Entwurf einer Symboltheorie der numerischen Simulation und ihrer Visualisierung, Dissertation, Freie Universität Berlin, 2001, S. 93. Siehe http://www.diss.fu-berlin.de/2002/118/

17 Fritz Rohrlich: »Computer Simulation in the Physical Sciences«. In: Arthur Fine, Micky Forbes, Linda Wessels (Hg.): Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Bd. 2, East Lansing 1990, S. 507–518; hier S. 515.

18 Artikel »Simulation«. In: Der Brockhaus. Naturwissenschaft und Technik, Bd. 3, Mannheim, Leipzig 2003.

19 Gramelsberger 2001 (wie Anm. 16), S. 96. Vgl. auch ebd., S. 87–88.

Akzeptiert man also die These, dass eine Simulation vor allem als Dynamik-(nach)bildung zu verstehen ist, könnte man daraus folgern, dass eine dynamische Darstellung ihr gemäß sei. Christiane und Thomas Strothotte betonen die zeitliche darzustellende Komponente in ihrem als Überblick angelegten Informatik-Lehrbuch *Seeing Between the Pixels* durch den Begriff der Animation: »The animation always has an obvious raison d'être, since it has to give the user a feeling for what is going on in his or her model during the simulated time and to uncover the problems of the dynamic behavior of the model.«[20] Ohne das Verhältnis von Animation und Dynamik konkret zu thematisieren, führen die Autoren in diesem Zusammenhang Entitäten ein, die einer Erklärung bedürfen. So lässt zum Beispiel der Terminus ›graphical data‹ einiges offen. Zunächst scheint die Aufgabe klar: »Animation is based on the simulated numerical results and has to display them.« Gleich anschließend aber schreiben sie: »Additional graphical data are necessary to describe how to express the different kinds of simulation results. For example, the appearance of a fork-lift truck is defined by the additional graphical data, but the information pertaining to when the truck has to move and from where to where will be part of the simulation results. The graphical data is responsible for the appearance and the simulation results for the content of the animation; they do not overlap one another. The simulation results form the basis of the animation and are the driving force.«[21] Erscheinung und Inhalt werden hier komplett entkoppelt, was aus Sicht der Herstellung in manchen Fällen nahe liegen mag, wofür jedoch jegliche Evidenz fehlt, sobald man die Rezeptionssituation und die aus beiden Komponenten resultierende Sinngestaltung betrachtet. Diese ›graphical data‹ sind nicht im dynamischen Modell definiert. Es kommt also noch etwas dazu, sobald die Dynamik ins Sichtbare übertragen werden soll; oder es wird parallel etwas gestaltet, wenn diese strikte Nachträglichkeit nicht gegeben ist. Ohnehin ist anzunehmen, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt der Modellierung die sinnliche Darstellung und die Dynamik abgeglichen werden. Der Grund, warum es diese grafischen Elemente braucht, liegt schlicht daran, dass Dynamik an sich (ohne Bezugspunkte) nicht wahrnehmbar ist; sie muss an einer Darstellung verkörpert werden.

Um die Beziehung von manifester Dynamik und Bild beziehungsweise Form auf dieser basalen syntaktischen Ebene exemplarisch nachzuvollziehen, ist ein Beispiel aus der Forschung zum künstlichen Leben aufschlussreich. Insbesondere die dort verwendeten ›grafischen Elemente‹ lassen die Spannung in diesem Verhältnis zutage treten. Aus einer Kooperation zwischen Informatikern der Universitäten Karlsruhe und Hannover ging eine Räuber-Beute-Szenerie (Abb. 2) hervor, die in einer ersten Version 1999/2000 plattformunabhängig in Java realisiert wurde und seit 2006 weiterentwickelt wird. Sie zeichnet sich durch eine echtzeitfähige Benutzeroberfläche aus. Die Forscher betonen die Nützlichkeit ihres ›intuitiven‹

20 Christine Strothotte, Thomas Strothotte: Seeing Between the Pixels. Pictures in Interactive Systems, Berlin, Heidelberg, New York 1997, S. 128.

21 Ebd., S. 128f.

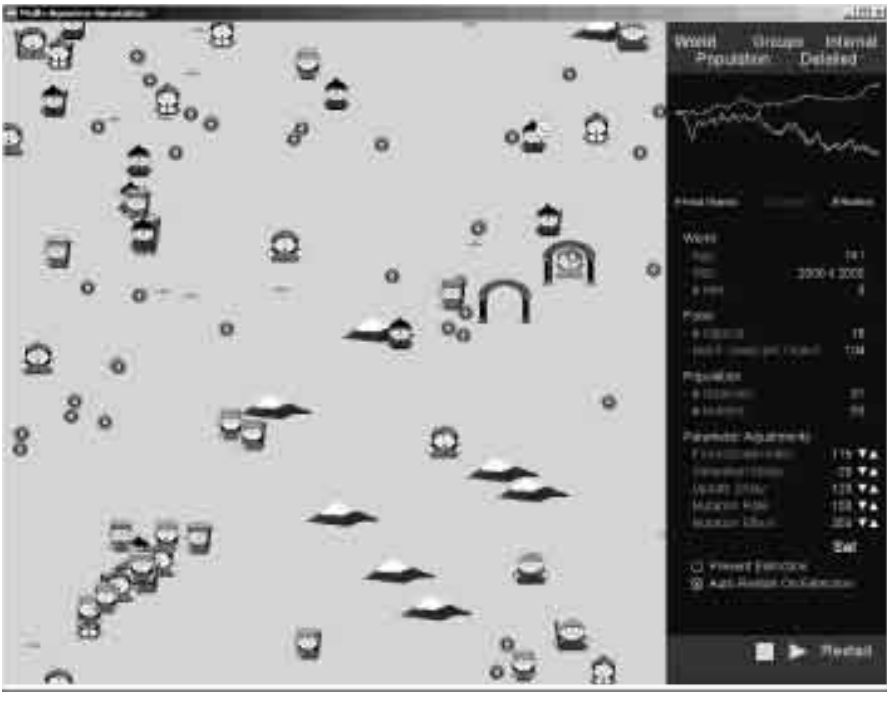

Abb. 2: Universitäten Karlsruhe und Hannover: Räuber-Beute-Szenerie, 1999–2006. Still: Ansicht des Benutzerinterfaces. Siehe auch Farbtafel VIII.

grafischen Interfaces.[22] Es biete in einem linken Fenster eine direkte Möglichkeit zu beobachten, wie einfache artifizielle Organismen (meist Agenten genannt) komplexe Gemeinschaften formen, während sie evolvieren und sich der Umgebung anpassen. Von diesem Feld abgesetzt, auf der rechten Seite, erlauben entsprechende Regler die Simulation zu starten, zu stoppen oder weiterlaufen zu lassen, die Animationsgeschwindigkeit zu regeln, global die Umgebungsparameter (Pflanzenwuchsrate, Lebenserwartung und so weiter) auch während des Ablaufs zu verändern. Neben dem Pflanzenwuchs existieren zwei Arten von Lebewesen, einerseits ›primitive‹ Pflanzenfresser und andererseits ›fortgeschrittene‹ Fleischfresser, die gemeinsam eine kleine Nahrungskette bilden. Das Globalziel der lebenden Individuen besteht darin, möglichst alt zu werden und sich während ihrer Lebenszeit nach Kräften fortzupflanzen.

Wie in diesem Beispiel besonders offensichtlich werden dürfte, ist davon auszugehen, dass das Aussehen der zweidimensionalen cartoonartigen Agenten nicht

22 Vgl. Michael Syrjakow: Web- und Komponenten-Technologien in der Modellierung und Simulation. Neue Möglichkeiten der Modellerstellung, -ausführung und -optimierung, Habilitation, Universität Karlsruhe 2003, S. 136. Siehe http://ces.univ-karlsruhe.de/goethe/syrjakow/publications/habilitation/habilitation.pdf (Letzter Zugriff: 24. Mai 2007).

direkt einem Algorithmus entsprungen ist. Der an der Anwendung maßgeblich mitarbeitende Student Dietmar Püttmann griff hierfür zu einer aktuellen Ikonografie.[23] Wer die Trickfilmserie *South Park* (seit 1997) kennt, von der er die Figürchen entlehnte, wird die Simulation mit einigen Assoziationen bereichern. Die zeitkritische Serie von Matt Stone und Trey Parker handelt von Episoden rund um eine Gruppe so genannter Freunde aus der Grundschule einer fiktiven kanadischen Stadt, die keineswegs zimperlich miteinander umgehen. Kenny symbolisiert nicht ohne Grund in der Räuber-Beute-Szenerie die Beute. Kenny ist unter die Pflanzenfresser gegangen, vielleicht, weil er immer so still ist und von den verfügbaren Figuren der Trickserie am ehesten dafür prädestiniert scheint. Ihm mag man ein ausgeprägtes soziales Verhalten, wie es in der Räuberpopulation erforderlich ist, am wenigsten zutrauen. Auch sonst weist er bereits in der Trickserie eine etwas andere Natur auf als die übrigen Protagonisten. Als Konstante und *running gag* wird der eigentlich durch einen dicken orangen Mantel stets geschützte, zugeknöpfte, schweigsame Kenny keine der Animationsfolgen überleben: Sei es, dass ihn der Blitz trifft, er durch irgendeinen Gegenstand zerquetscht wird, das Spaceshuttle auf ihn fällt oder dass er urplötzlich ohne erkennbare Ursache in Flammen aufgeht.[24] Wahrscheinlich um die Pflanzenfresser noch eindeutiger von der Räuberpopulation zu unterscheiden, wurde nur Kennys Kopf – der so oft rollt – übernommen.

Die Figürchen sind zum Beispiel jene grafischen Elemente, die gebraucht werden, um den gerechneten Vorgang fortlaufend zu zeigen. Sicherlich stimmt es, dass man aus Graphen – die am weitesten verbreitete Lösung – den Ablauf ablesen und viele Angaben zu statistischen Werten entnehmen kann. Dieser Art der Darstellung fehlt jedoch beispielsweise jegliche Hinweise zu Bewegung, Standort, Handlung, Profession, Gruppen und auch die Anzahl der Agenten im Verhältnis zur verfügbaren Fläche der Welt und so weiter ist nicht widergespiegelt und wären wohl auch kaum in einer einzigen Darstellung dieser Art unterzubringen. Erst mit den grafischen Elementen werden neben der zeitlichen noch (mindestens) zwei räumliche Dimensionen aufgespannt, um dadurch Bezüge und globale Verhaltensmuster hervortreten zu lassen.

Man erfasst das Verhältnis zwischen den Rechenwerten und der bildlichen Darstellung auch nicht allein damit, einen *Übersetzung*sversuch von der Dynamik in das Sichtbare auf der syntaktischen Ebene zu untersuchen. Daneben kommt es zwischen Modellierung und Bildgebung zu Verkürzungen, Ergänzungen, Auslagerungen und so weiter. Viele Entscheidungen werden in der Ausgestaltung und Sortierung getroffen, denen man einen gewissen eigenständigen Status nicht absprechen kann, weil für sie keine gerechnete oder berechenbare Anweisung vorhanden ist. In Beispielen, wo Modellierung und Versinnlichung sich gegeneinander verschieben, sind in der oberflächenverhafteten Rezeption die Frakturen nicht unbedingt als

23 Dietmar Püttmann: Künstliches Leben – Simulation und Visualisierung durch ein verteiltes Multiagenten-System, Diplomarbeit, Universität Karlsruhe 2000.

24 Bislang gibt es eine Ausnahme: Kenny überlebt in der Episode »Mr. Hankey, der Weihnachts-Kot« aus der ersten Staffel (1997).

Abb. 3: Universitäten Karlsruhe und Hannover: Räuber-Beute-Szenerie, 1999–2006. Alle vorkommenden, symbolisch gezeigten Aktivitäten einer Figur: von links nach rechts: ›normal‹, jagen, essen, sich paaren, schlafen.

solche zu erkennen, es sei denn man kennt gleichzeitig das unterliegende Modell. Im Vergleich zu den dem Modell zugesprochenen Bedeutungen ergänzt das sinnlich Dargebotene, wo es blinde Flecken gibt, vernachlässigt, wenn die errechnete Informationsmenge nicht mehr schlüssig in eine Szenerie integriert werden kann und konkretisiert an Stellen, die durch den Algorithmus selbst nicht expliziert sind.

Auch in der Räuber-Beute-Szenerie lässt sich leicht einsehen, dass man selektiert, was gezeigt wird sowie was im Verhältnis zur Berechnung der ›intuitiven‹ Rezeption verborgen bleibt. Ein Beispiel: Im Bildfeld wird lediglich durch einige wenige statische Symbole angedeutet, in welcher Aktion sich die Individuen der Räuberpopulation befinden. Wenn sie beispielsweise jagen, bekommen sie einen Stab attribuiert; schlafen sie, erscheint eine Sprechblase mit ›zzhhh ... zzhhh‹; pflanzen sie sich fort, tauchen bei halb geschlossenen Augenlidern zwei Herzchen vor der Brust auf; ein sichtlich zufriedener Gesichtsausdruck mit der Zunge im Mundwinkel symbolisiert die Nahrungsaufnahme (Abb. 3). So man im rechten Menü die Einzeldarstellung (›Detailed‹) anwählt, sieht man in einer Doppelung das mit der Maus in der ›Welt‹ markierte Individuum graphisch mit den Aktionsattributen, daneben wird noch schriftlich festgehalten, was es gerade tut. Nun fällt auf, dass es nicht für alle Aktionen eine spezielle visuelle Entsprechung gibt. Die neutrale Ausgangslage (siehe Abb. 3 links) ohne Beigaben wird als ›normal‹ bezeichnet und steht für das Gehen, das Transportieren, das sich Umschauen und das Anfragen. Beim ›Anfragen‹ gibt es im Schriftlichen wiederum interessanterweise keine Distinktion zwischen dem Werben um eine Gruppenzugehörigkeit oder um einen Paarungspartner. Es findet also im Verhältnis zum interpretierten Berechneten eine Auswahl dessen statt, was man während des Simulationsablaufs rezipieren kann. Ebenso ist nicht unwichtig zu berücksichtigen, wie man die Information vermittelt: schriftlich, tabellarisch, graphisch, figürlich (in anderen Fällen auch akustisch und haptisch). Des weiteren werden gleich auszulegende Ereignisse in der Wiedergabe unterschiedlich behandelt (stirbt ein Pflanzenfresser, wird er tot gezeigt; stirbt hingegen ein Fleischfresser, verschwindet er spurlos); Funktionalität und optische Präsenz können, von der Gewichtung aus beurteilt, durchaus auseinander klaffen (die Hügel strukturieren eher die Weltansicht, als dass sie Hindernisse darstellen); manche Elemente werden doppelt codiert, manche Differenzen unterschlagen. Im Sinne der besseren Erfassung des Wesentlichen sieht man davon ab, eine Einheitlichkeit der gestalterischen Zuordnungen durchzuführen.

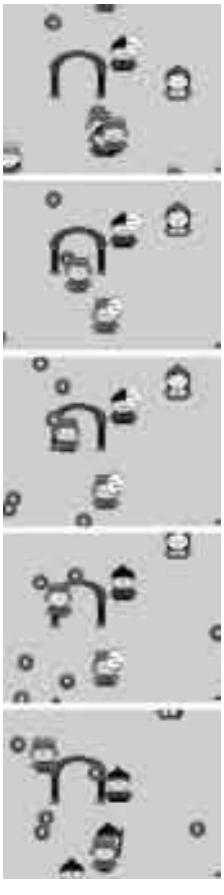

Abb. 4: Universitäten Karlsruhe und Hannover: Räuber-Beute-Szenerie, 1999–2006. Stillserie, die zeigt, wie Figuren über das Tor laufen.

Solange man beschreibt, welche Aspekte in der Darstellung im Verhältnis zum Gerechneten zum Vorschein treten und welche nicht, hat man noch nicht zwingend genuin bildliche Wirkungsweisen diskutiert. Was könnte man darunter fassen? Unsere Räuber-Beute-Simulation weist auf den ersten Blick eine betont opake homogene flache Weltenansicht auf, die zur Gänze zu sehen ist: Tritt ein Agent am linken Rand aus, erscheint er sogleich auf derselben Höhe am rechten Rand. Die Welt ist zudem mit beschneiten Hügeln und blauen Portalen bespickt. Die Funktion und Darstellung letzterer bewirkt – gemeinsam mit den durch die Figürchen vollzogenen Bewegungen – ein Kippen der Raumauffassung rund um die Tore, das mit einer Berechnung weder zu erklären noch zu erzeugen ist. Dieses Kippen entwickelt sich rein aus der bildlichen Ebene heraus und ist eng an die Vorgänge gebunden. Die Figuren können problemlos über alle Teile der Tore laufen (Abb. 4). Die Bögen verdecken sie zu keiner Zeit. Daher funktioniert die Interpretation als Projektion einer eigentlich nach oben, dem Betrachter entgegen ragenden Architektur nicht. Offensichtlich also muss man sich diese Stellen als gleich ebenerdig denken wie alles übrige Terrain der Welt jenseits der Hügelspitzen. Die Welt erweist sich als senkrecht aus der Vogelperspektive betrachtet, wobei die Art der Wiedergabe der Tore und aller übrigen figürlichen Elemente freilich merkwürdig ist. Bei manchen Aktionen jedoch funktionieren diese Tore anders. Sie wurden den Figürchen proportional gestaltet, sodass sie sich ›darunter‹ stellen können, oder – ›flächig‹ gesprochen – dass sie sich in das Rund einfügen können und eingerahmt scheinen. Tun sie dies, so werden sie transparent, bis sie nicht mehr zu sehen sind. Durch das Unsichtbarwerden der Figuren dort, hat man den Eindruck, sie verschwinden wie im Nebel, sodass die Tore nun doch nach hinten in die Tiefe führen würden (Abb. 5). Denkbar wäre auch eine Staffelung mehrerer uneinsehbarer Flächen oder Räume, sodass man die Tore als Türen ansieht: Damit definierte sich der Raum nicht über die Unbestimmtheit eines Nebels, sondern über die klare Begrenzung einer eingezogenen Wand. Auch Science Fiction-Filme mögen Assoziationen von Szenen behelfen, bei denen man Personen desintegriert, um sie an einen anderen Ort zu beamen. Tatsächlich sind die Tore dieser Räuber-Beute-Szenerie als Stellen gedacht, die den Raum zu vernetzten Rechnern auftun. Der Idee nach wechseln die Figuren hier in eine Parallelwelt, der hiesigen ähnlich, aber

anderswo, in der Hoffnung dort bessere Lebensbedingungen vorzufinden. Die Entwickler freilich verbinden damit die Fragestellung, inwiefern mit der Vergrößerung des Terrains eine stabilere Populationsdynamik zu erzielen ist. Was zeigt jedoch die bildliche Ebene? Laufen die Figuren über einen Bogen, ist die Stelle flach. Fügen sie sich in das Rund des Bogens ein, könnte er immer noch als Markierung flach am Boden liegen. Nichts hindert aber daran, die Annäherung so auszulegen, dass sich die Figur darunter stellt. Damit erzeugt sich eine imaginierte Orthogonale, der Bogen stellt sich in einer Projektion dar und das gesamte Terrain scheint dann nur ein beliebiger Ausschnitt in Schrägansicht durch eine quadratische Fensteröffnung. Interpretiert man schließlich das Verschwinden der Figur als ein Hindurchtreten, eröffnet sich in der Auffassung eine weitere unvermutete Tiefe hinter dem Torbogen, da die Figur nicht etwa hinter dem Bogen auftaucht, sondern irgendwohin abtaucht, wo sie nicht mehr gesehen werden kann. Das Verhalten der Figürchen zu den Portalen (darüber, hinein, darunter, hindurch) bestimmt die räumliche Erfahrung. Das Umschlagen von einem Flächigen in eine Raumöffnung unterstützt das Verständnis für den Ablauf: Verbleibt der Agent in der präsentierten Welt, so verhalten sich die Tore als flacher geschlossener gemusterter Boden, wird jedoch ein Verlassen der Welt angestrebt, gewinnen die Tore und das von ihnen umschlossene Terrain kurzzeitig eine ambivalente Tiefendimension.

Abb. 5: Universitäten Karlsruhe und Hannover: Räuber-Beute-Szenerie, 1999–2006. Stillserie, die zeigt, wie eine Figur durch das Tor hindurch tritt.

Bildgebung als Referenz

Viele Wissenschaftstheoretiker nehmen an, dass Modelle für die heutigen Wissenschaften die Bezugspunkte bilden. Die allermeisten würden das Modell im Falle unseres Räuber-Beute-Beispiels im ausgeführten Algorithmus verorten. Für interaktive Simulationen ist jedoch, so die These, der Referenzbereich der Interpretation dort, wo die Rezeption stattfindet, nämlich in der sinnlichen, meist dominant bildlichen Darstellung, die wie auch immer mit der gerechneten Dynamik in Verbindung steht. Für die wissenschaftlichen Anwendungen wäre es sicherlich überspitzt formuliert, zu behaupten, die Grenzen des Wissens über das Simulierte fallen mit den Grenzen der Versinnlichung zusammen, während noch etwas ganz anderes gerechnet werden könne. Bei

interaktiven Simulationen bilden jedoch sicher nicht (nur) die Berechnungsdaten die Referenz. Man könnte die Aussagen etlicher Wissenschaftstheoretiker auch dahingehend auslegen, dass nicht nur in diesen hier beschriebenen interaktiven Echtzeitsimulationen die bildliche Darstellung eine zentrale Rolle innehat, sondern auch bei Simulationen allgemein jene Instanz darstellt, die bei der Interpretation einen gewichtigen Ausschlag gibt. Freilich ist nicht zu vergessen, dass es nebst den oben beschriebenen Betrachtungsweisen noch solche ganz anderer Art gibt, dass zum Beispiel auch die Ebene der Zahlen eingesehen werden kann. Auch wenn es aussichtslos ist, eine Einsicht gewinnen zu wollen, indem man dem Computer beim Kalkulieren, das heißt letztlich beim Liefern der Ziffern zuschaut. Zudem sind die Programme meist zu komplex, um immediat im Durchlauf im einzelnen nachvollzogen werden zu können, sodass dies dazu einlädt, diese Vorgänge als versiegelt zu betrachten und sie wie eine Einheit zu behandeln, so Lucy Suchman.[25] Im Gegensatz zu vielen nicht wissenschaftlichen Computerprogrammen käme dieses *black-boxing* bei wissenschaftlicher Grundlagenforschung jedoch nur temporär vor.

Um die Manipulationen der aufgeführten Modelle zu analysieren, muss die Technologie weniger als eine opake, interaktive Entität aufgefasst werden sondern mehr als eine transparente Rechenmaschine. Alternierend haben und benötigen Wissenschaftler auf unterschiedlichen Ebenen Zugang und Zugriff auf die Simulation. Deborah Dowling führt dazu weiter aus: »The program is ›open‹ at a level through which a general analytical grasp of the theory is possible. At another level the program is sufficiently ›closed‹ that […] the abstract mathematical theory can be manipulated as if it were a concrete, physical object […]. A sense of direct manipulation encourages simulators to develop a ›feel‹ for their mathematical models with their hands and their eyes, by *tinkering* with them, *noticing* how they behave, and developing a practical *intuition* for how they work.«[26] Auf die Intuition wird in der Literatur immer wieder verwiesen. Je genauer man die Simulationen untersucht, desto komplexer und interessanter wird die Frage nach ihren Mechanismen in der Darstellung. Die hier vorgestellten heuristisch getrennten drei Ebenen der partiellen Autonomie zwischen Simulationsmodellen und ›ihrer‹ Ikonisierung können hierfür nur einen Anfang bilden. Beachtet wurde erstens die Inkongruenz zwischen Form/Bild und expliziter Dynamik. Daraus folgt, dass die visuelle Ebene in interaktiven Echtzeitsimulationen genauer betrachtet werden muss, zumal sie die Referenz in der Rezeption bildet. Zweitens wird nicht alles Gerechnete sichtbar gemacht, andererseits transportiert das Sichtbare auch mehr als die Simulation ausführt. Drittens schließlich können über ikonische Konfigurationen Inhalte erzeugt werden, die nicht zwingend im Vergleich zur gerechneten Ebene erhellt werden können, aber trotzdem wirksam sind.

---

25 Siehe Lucy Suchman: Plans and Situated Actions. The Problem of Human Machine Communication, Cambridge 1987, S. 16.

26 Deborah Dowling: »Experimenting on Theories«. In: Science in Context 12 (1999), S. 261–273; hier S. 268f.

Ingeborg Reichle, Steffen Siegel, Achim Spelten (Hg.)

Visuelle Modelle

Wilhelm Fink

Inhalt

Ingeborg Reichle, Steffen Siegel, Achim Spelten
Die Wirklichkeit visueller Modelle 9

I. Begriff und Metapher

Bernd Mahr
Cargo.
Zum Verhältnis von Bild und Modell 17

Achim Spelten
Visuelle Aspekte von Modellen 41

Samuel Strehle
Evidenzkraft und Beherrschungsmacht.
Bildwissenschaftliche und soziologische Zugänge
zur Modellfunktion von Bildern 57

Tobias Schlechtriemen
Metaphern als Modelle.
Zur Organismus-Metaphorik in der Soziologie 71

Philipp Ekardt
Benjamins Bekleidungsmodelle.
Strumpf und Rüsche als Topologien der Bildtheorie 85

II. Experiment und Wissen

Reinhard Wendler
Das Spiel mit Modellen.
Eine methodische Verwandtschaft künstlerischer Werk-
und molekularbiologischer Erkenntnisprozesse 101

Sebastian Vincent Grevsmühl
Das modellierte Antlitz der Erde.
Zur Geschichte der Modellierungsstrategien
der Kontinentalverschiebung 117

Carolin Artz
Das Fotogramm als visuelles Modell?
Die Visualisierung nichtsichtbarer Strahlen
in wissenschaftlichen Fotografien um 1900 137

Ingeborg Reichle
Lebendige Kunst oder Biologische Plastik?
Reiner Maria Matysiks Prototypenmodelle
postevolutionärer Organismen 155

Farbtafeln

III. Maß und Raum

Catharina Manchanda
Modelle und Prototypen.
Ein Überblick 179

Steffen Siegel
Modell-Räume.
Architektur, Photographie, Topoklasmus 197

Der Blick ins Modell
Ein Gespräch mit Damaris Odenbach 215

Katrin Käthe Wenzel
Brot und Bauten.
Drei künstlerische Experimente zu
verformbarer Architektur 225

Stefan Riekeles
Ikodynamische Kreuzfahrt.
Sichtbarkeit und Tarnung in einer Arbeit
von Knowbotic Research 241

IV. Zeit und Struktur

Annemieke R. Verboon
Einen alten Baum verpflanzt man nicht.
Die Metapher des Porphyrianischen
Baums im Mittelalter 251

Sebastian Gießmann
Graphen können alles.
Visuelle Modellierung und Netzwerktheorie vor 1900 269

Jens Gulden
Semantik in visuellen Modellen.
Räumliche Regularitäten und körperliche
Erfahrungsmuster als Bedeutungsträger visueller Modelle 285

Inge Hinterwaldner
Simulationsmodelle.
Zur Verhältnisbestimmung von Modellierung und
Bildgebung in interaktiven Echtzeitsimulationen 301

Bildnachweise 317

Autorinnen und Autoren 319