

**Das ‚Auge des Denkens‘
Visuelle Epistemologie am Beispiel der Diagrammatik
Sybille Krämer (sybkram@zedat.fu-berlin.de)**

Vierzehnte Vorlesung: Simulationen – in der Tradition diagrammatischer Operationen?

● VL 16040

● WS 2009/10

● Mittwoch 14.00 - 16.00 Uhr

1. DIE HYPOTHESE

Die Annahme ist, dass die weit verbreitete und die Erkenntnisverfahren nahezu aller empirischen Wissenschaften prägende Technik der computergenerierten Simulation als eine ‚Entwicklungsstufe‘ der Diagrammatik im Sinne des Einsatzes von ‚Denkzeugen‘ gedeutet werden kann. Welches aber sind die diagrammatischen Attribute und Funktionen von Simulationen und worin liegen deren Unterschiede zur herkömmlichen, graphischen Technik im Zusammenspiel von Auge, Hand und Hirn? Was also ist zu gewinnen in der Reflexion über Simulationen, wenn diese diagrammatologisch rekonstruiert werden? Fällt dadurch ein neues Licht auf das Diagrammatische?

2. ZUM BEGRIFF SIMULATION UND WARUM DIAGRAMMATIK DER ‚BILDKRITIK‘ BEDARF

Der Begriff ‚Simulation‘ führt ein augenfälliges Doppelleben: Alltagssprachlich bezieht er sich auf das *Vortäuschen* von Sachbeständen, wissenschaftssprachlich jedoch auf die *Erkenntnis* von Sachverhalten durch die computergenerierte Modellierung dynamischer Systeme. Und doch es gibt ein gemeinsames Band: Simulationen – ob im abschätzigen oder aufwertenden Sinne – zielen auf die Hervorbringung von ‚Zeichenwelten‘, welche Erscheinungen *imitieren*, also ein Oberflächenverhalten zeigen, ohne die dazugehörige Tiefenstruktur. Wenn wir noch einmal auf Platon zurückgehen finden sich zwei Bilder, mit denen der problematische und der produktive Sinn des Simulierens vorweggenommen wird. Im HÖHLENGLEICHNIS (Politeia 514a ff.) sind die Bewohner gefangen in *Trugbildern*, welche sie für die abgebildete Realität selbst halten. Im LINIENGLEICHNIS (509d ff.) verweist Platon darauf, dass wissenschaftliches Denken überhaupt nicht auskommt ohne die Bezugnahme auf eine Versinnlichung von Wissensobjekten in Zeichen und Bildern. Allerdings kann nicht nur das Höhlengleichnis, sondern auch Platons eigenes diagrammatisches Tun (erliegt er der Verführung der visuellen Vierteilung bei seiner – recht unplausiblen - Unterscheidung von vier epistemischen Vermögen?) einen Hinweis geben auf die Notwendigkeit einer Diagrammkritik. Eine Diagrammatologie ist ohne Bildkritik undenkbar.

3. VIER VORAUSSETZUNGEN COMPUTERGENERierter SIMULATIONEN

Computergenerierte Simulationen bilden heute - neben der Theorie und dem Experiment – einen Grundpfeiler wissenschaftlicher Tätigkeit - ohne welche die Untersuchungen komplexer Systeme undenkbar wären. Diese Simulationen entstehen im Kreuzungspunkt von vier Entwicklungstendenzen neuerer Wissenschaft: der *Mathematisierung*, *Visualisierung*, *Modellierung* und *Digitalisierung*.

(i) ‚Mathematisierung‘: Die Zahl avancierte zu einer ‚universalen Sprache (=Schrift)‘, mit der ‚Beschreibung‘ und ‚Operation‘ zusammenwachsen: die Sprache der Zahlendarstellung wird zugleich zu einem Werkzeug des Zahlenrechnens. (ii) ‚Visualisierung‘: Bildliche Darstellungen komplexer Zusammenhänge dienen nicht nur einer Illustration und Popularisierung, sondern sind ein genuines Erkenntnisinstrument: Bilder werden zu ‚Denkzeugen‘. (iii) ‚Modellierung‘: Unübersichtliche Sachverhalte werden durch eine reduktive bzw. idealisierende Darstellung so repräsentiert, dass eine funktional-relationale Ähnlichkeit zum Modellierten entsteht. (iv) ‚Digitalisierung‘: der Computer macht es möglich, dass Zeit der statischen räumlichen Konfiguration der Schrift (Pro-gramm: ‚gramma‘ griech: Buchstaben) implementiert wird. Daher entwickelt er sich vom ‚Rechner‘ zu einer ‚Visualisierungs-‘ und ‚Simulationsmaschine‘. Die Möglichkeit der ‚Animierung‘ von Symbolstrukturen durch die Implementierung von Zeit ist das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zwischen graphischen und computergenerierten Modellen/Diagrammen.

4. ÜBER DIE ERKENNTNISTECHNISCHE ROLLE COMPUTERGENERIERTER SIMULATIONEN

Simulationen werden wichtig, wenn es um das Verstehen nicht-linearer, komplexer Systeme geht, deren Verhalten zeitlich evolviert. Noch Anfang der 70er Jahre war das Produkt solcher Simulationen eine Zahlenreihe. Heute erscheinen ‚realistische‘ Bilder, deren ikonische Konventionen (z.B. durch Zentralperspektive und Fotografie) uns überaus vertraut sind. Dieser ikonische ‚Realismus‘ überdeckt leicht, dass Simulationen keine Weltausschnitte darstellen, vielmehr *Bilder numerischer Modelle* sind. Der Übergang vom analytischen Berechnen zum numerischen Simulieren wird gerade da notwendig, wo zwischen vielzähligen Teilen Wechselwirkungen gegeben sind, deren Gesamtverhalten nicht mehr exakt berechnet, vielmehr nur noch ‚imitiert‘ werden kann. Das gilt für die meisten mikro- und makroskopischen Vorgänge und damit gerade auch für lebendige Systeme und deren zeitlich/räumlichem miteinander Verwobensein. Simulationen sind Werkzeuge, um die Grenzen unseres Intellektes im Sinne von ‚Komplexitätsbarrieren‘ hinaus zu schieben. Simulationen bilden eine neue Art von Modellen, sie haben experimentellen Charakter, sind also in ihren Effekten oftmals unerwartet und überraschend. Doch stellen sie keine *Erklärungen* im theoretisch strengen Sinne bereit, sondern ähneln einem technisch-pragmatischen Wissen (= Rezeptwissen), bei dem man zwar weiß, wie etwas gemacht wird, aber nicht weiß, warum etwas genau so funktioniert (= Begründungswissen). Ein methodisch grundlegendes Simulationsverfahren, die ‚zelluläre Automaten‘, sei nun vorgestellt.

5. ZELLULÄRE AUTOMATEN

Zu zeigen ist, wie eng die Simulationstechnik zellulärer Automaten – hierin nicht anders als *alle* diagrammatischen Artefakte – mit *Raumrelationen* arbeitet. Als John von Neumann (1903-1957) ursprünglich die Idee verfolgte, durch Wachstum und Selbstreproduktion charakterisierte lebendigen Vorgänge durch eine abstrakte Maschine (= mathematisches Modell) zu imitieren, fehlte ihm eine ‚Sprache‘ um zu beschreiben, wie Tausende von Komponenten durch abstrakte Regeln miteinander verbunden sein können. Stanislaw Ulam (1909-1984) bahnte dieser elementaren ‚Sprache des Lebendigen‘ den Weg. Es sind dies die ‚zellulären Automaten‘, welche - computergeneriert - die Fähigkeit zur Entwicklung durch Musterbildung in Raum *und* Zeit zeigen. Sie sind räumliche Systeme gegitterter Zellen (= Netze), deren Zustände jeweils von den Zuständen *benachbarter* (!!) Zellen abhängen und deren Übergang in einen neuen Zustand durch eine Überführungs- bzw. *Entwicklungsregel* (deterministisch oder stochastisch) vorgegeben ist. Zelluläre Automaten stellen eine Form des ‚Künstlichen Lebens‘ dar, insofern sie die Fähigkeit zur Selbstreplikation haben. Ein Meilenstein dieser Entwicklung war Horton Conways ‚Spiel des Lebens‘ (1968), bei dem jede Zelle acht Nachbarn und zwei mögliche Zustände hat: ‚tot‘ oder ‚lebendig‘. Eine Zelle wird neu geboren oder überlebt den nächsten Zeittakt, wenn es idealiter drei lebende Nachbarzellen gibt; sind es weniger oder mehr, stirbt sie. ‚Leben‘ und ‚Tod‘ in diesem System hängen somit von der Populationsdichte ab. Die Evolution dieser künstlichen Lebenswelt zeigt, wie komplexe Abläufe aus einfachsten Regeln resultieren und lokale Wechselwirkung einfacher Bausteine vielgestaltige Dynamiken generieren können, wobei der Ausgang des Geschehens – mathematisch beweisbar – unvorhersehbar ist.

6. Diagrammatik und Simulation. Selektive Aspekte

- (i) Verzeitlichung von Raum: Zelluläre Automaten zeigen, wie elementaren *topographischen* Ordnungen Zeit implementiert wird. Die *Prozessualität*, die der kognitiven Funktion von Diagrammen als Denkzeugen eigen ist und sich in der Interaktion von Auge, Hand und Hirn vollzieht, wird durch eine ‚Verzeitlichung von Raum‘ in die Simulation gelegt, was technisch nur durch die Rechenkraft des Computers zu bewerkstelligen ist.
- (ii) Diskretisierung von Zeit: Im Übergang vom analytischen Berechnen zum numerischen Simulieren, ist eine Entwicklung nicht mehr kontinuierlich, sondern nur noch diskret, d.h. an bestimmten ‚Zeitpunkten‘ darstellbar. Ist diese Diskretisierung als ein implizit raumorientiertes Umgehen mit Zeit zu deuten?
- (iii) Bildkritik: Keine Diagrammatologie ohne eine Kritik diagrammatologisch verfahrenender Vernunft (s. Platons ‚Verführung‘, durch die Vierteilung der Linie auch eine Vierteilung der Erkenntnisvermögen anzunehmen!). Gerade die Simulationstechnik öffnet dafür die Augen.

Abbildung 1 aus: Martin Gerhardt/Heike Schuster, Das digitale Universum. Zelluläre Automaten als Modelle der Natur, Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg 1995, S. 20 u. 23

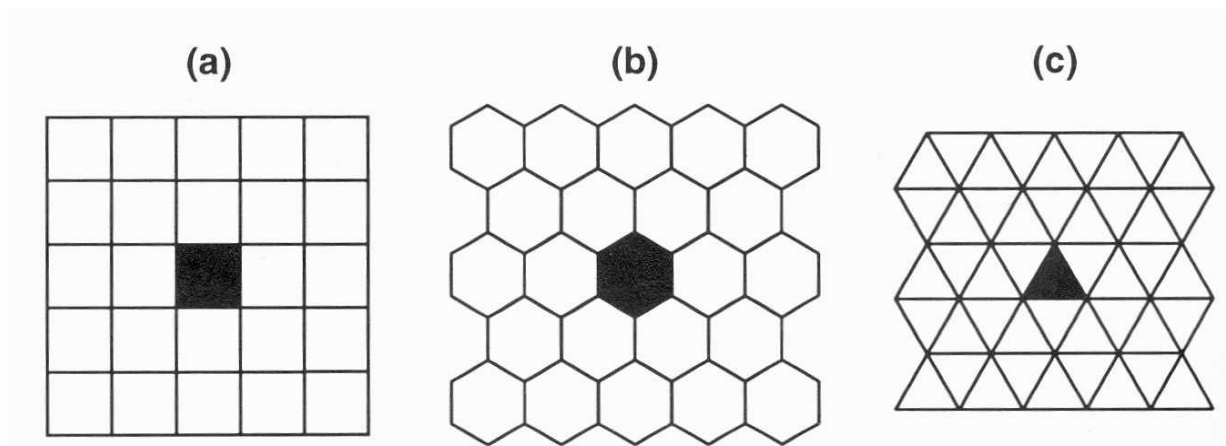


Bild 2.1: Zweidimensionale Zellräume mit unterschiedlicher Gittergeometrie: a) rechteckiges, b) hexagonales und c) dreieckiges Gitter.

Abbildung 2

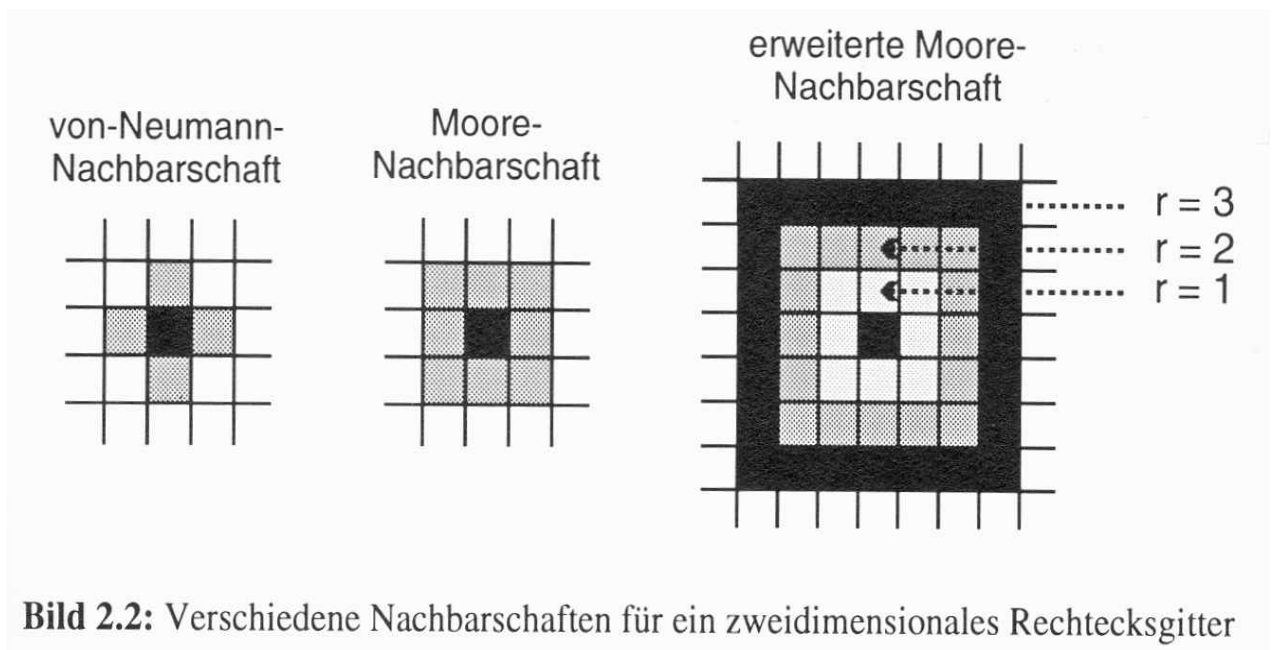


Bild 2.2: Verschiedene Nachbarschaften für ein zweidimensionales Rechtecksgitter

Abbildung 3: Vier Zeitschritte aus der Entwicklung eines zellulären Automaten

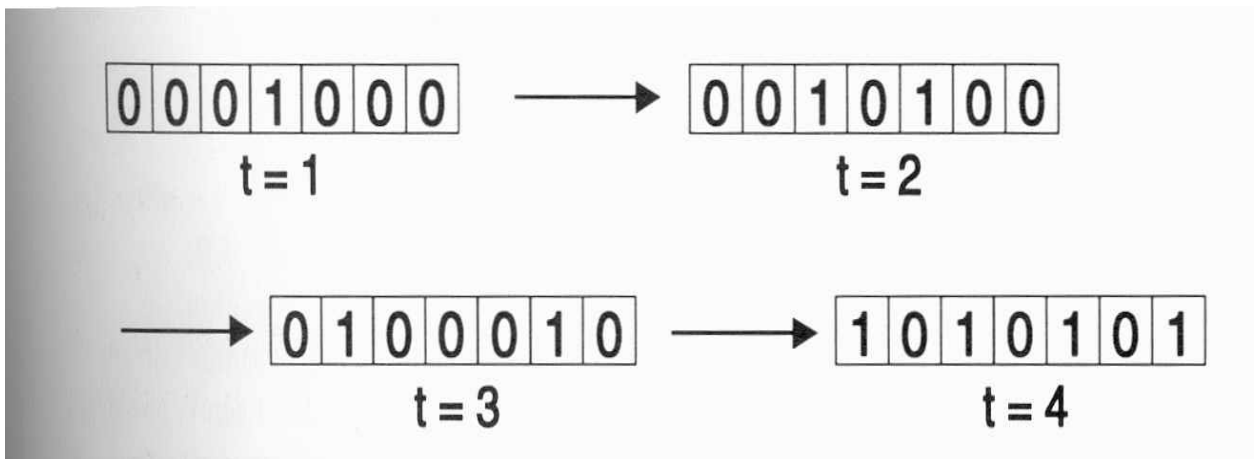


Abbildung 4 ...und das nach 64 Zeitschritten dabei entstehende charakteristische Muster

