

Newton, Einstein, Wolfram?

Dietmar Dath am 14.05.2002 in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung

Warum versteht man die Welt besser, wenn man rechnen kann? Der Titel eines Aufsatzes des Physikers Eugene Wigner aus dem Jahr 1960 faßt das Problem in die schönen Worte von der „unvernünftigen Effektivität der Mathematik in den Naturwissenschaften“. Unvernünftig ist sie, weil es keinen von den Dingen selbst nahegelegten Grund dafür gibt, daß sie sich gerade gemäß mathematischen Gleichungen verhalten. Das fällt nicht nur Physikern auf: Auch Novalis hat sich gefragt, ob Natur schon immer gesetzesförmig gewesen sei und ob sie es wohl bleiben werde.

Ein in Amerika lebender, 1959 geborener Brite namens Stephen Wolfram aber glaubt, vor zwanzig Jahren am Computer etwas entdeckt zu haben, das geeignet ist, dieses Rätsel aufzulösen. Der Grund dafür, daß die Natur sich aufführt, als folge sie Gleichungen, liegt nach seiner Auffassung in der Art, wie wir „geeignete“ Gleichungen auswählen und testen – nämlich indem wir auf Eigenheiten des untersuchten Systems achten, die als Zahlen quantifizierbar sind. Je nachdem, wie genau die Modelle die Meßzahlen vorhersagen, gelten sie dann als effektiv. Darin, meint Wolfram, stecke ein Zirkelschluß: Daß Modelle erfolgreich sind, wenn wir sie im Vergleich zu denjenigen Systemeigenschaften verbessern, die entsprechend den Modellen ausgedrückt werden können, sei ja kein Wunder. Mehr noch: Vor lauter Erstaunen über die Wirksamkeit solcher Modelle habe man übersehen, daß sie so wirksam auch wieder nicht seien. Woher aber nimmt Wolfram eigentlich das Selbstbewußtsein, eine ganze Modellwelt im Handstreich wegzuwischen? Daher, daß er meint, auf eine robuste Alternative zur Gleichung gestoßen zu sein – das einfache Computerprogramm, genauer: den „zellularen Automaten“.

Daß er wirklich etwas gefunden hat, was Beachtung verdient, hat nie jemand bestritten – ebensowenig wie die Tatsache, daß der Entdecker kein dahergelaufener Wirrkopf ist. Schon früh galt er als rares, wenn auch schartiges Talent. Sein Vater, ein Romancier, und seine Mutter, eine Oxforder Philosophielehrerin, haben den Jungen nach Kräften gefördert, 1978 holte der Quark-Entdecker Murray Gell-Mann den jungen Hochenergiephysiker ans California Institute of Technology, 1981 erhielt er einen Preis der Mac-Arthur-Stiftung in Anerkennung der „Breite seines Denkens“ und verabschiedete sich bald darauf aus dem Kollegenkreis, um eine Software für mathematische Probleme zu entwickeln. Das Programm „Mathematica“ und die Firma, die es vertrieb, „Wolfram Research“, wurden Welterfolge.

Kollegen fürchten heute, Wolfram habe sich durch den Unwillen, seine Gedanken auf den herkömmlichen Wegen mit ihnen zu teilen, Schaden zugefügt – seine Grübeleien hätten im Treibhaus zu bizarre Blüten getrieben. Er selbst sieht sich als Opfer eines Mißverständnisses. Ein Aphorismus Goethes gibt diese Lebensenttäuschung wieder:

„Die Mathematiker sind eine Art Franzosen: redet man mit ihnen, so übersetzen sie es in ihre Sprache, und dann ist es alsobald ganz etwas Anderes.“ Weil diese „Franzosen“ Wolframs Lehre bislang nicht mit der Aufmerksamkeit studieren wollten, die er für angemessen hält, hat er zehn Jahre damit verbracht, Beweise zu kompilieren. Am Ende steht ein 1200 Seiten dickes Buch, dem aufgeweckte Abiturienten mit Leistungskurs Physik und hinreichenden Englischkenntnissen folgen können: „A New Kind of Science“.

Die Vorabgerüchte darum sind inzwischen zu ziemlichem Lärm angeschwollen, Rezensionen wie die angekündigte von Ray Kurzweil werden „exakt zum Ablauf der Sperrfrist“ ins Netz gestellt, und in Internetforen gilt „SW“ inzwischen immer häufiger nicht mehr nur als Abkürzung für „Star Wars“, sondern für Stephen Wolfram. Der Grund für diesen Rummel ist kein rein wissenschaftlicher, sondern hat mit dem Zustand unserer Kultur zu tun: Auf nichts springt man so gerne an wie auf Computer, und um die geht es Wolfram vor allem.

In der Wissenschaft werden sie zu vielen Zwecken eingesetzt: von Vorhersagen des Verhaltens physikalischer Systeme über die Überprüfung der Funktionsfähigkeit von Schaltkreisen und Logikgattern bis zu Modellen für die Wirtschaftswelt. Unanfechtbares Allerheiligstes bleiben dabei die (vor allem: partiellen) Differentialgleichungen, Augäpfel des Weltbilds sensu Sir Isaac Newton, denn sie erlauben es, die Veränderung von Systemen in der Zeit zu beschreiben. Wolframs Buch nun stellt den Stammbaum der errechneten Welt von den Gleichungen im Mutterboden bis zu den Verästelungen der Programme auf den Kopf – oder eben auf die Füße: Gleichungen, sagt er, entsprechen bestimmten Sorten von Regeln, nach denen sich Systeme entwickeln können, Programme anderen, sehr viel allgemeineren.

Die Programme, an denen ihm dies aufgegangen ist, sind die zellularen Automaten. Seit John von Neumanns diesbezüglichen Ideen aus den vierziger und fünfziger Jahren verstehen Mathematiker unter „Automaten“ Modelle für diskrete dynamische Systeme. „Diskret“ bedeutet dabei, daß die Dynamik sich nicht kontinuierlich, sondern in Schritten (die auch infinitesimal sein dürfen) verändert. Die diskreten Systemzustände sind abhängig von den jeweils vorhergehenden. Zellulare Automaten sind

räumlich ausgedehnte Automaten, bestehend aus einer großen Anzahl einfacher identischer Komponenten (der sogenannten „Zellen“) mit lokaler Konnektivität – wie eine Zelle aussieht, hängt von direkten Nachbarzellen ab.

Daß solche Automaten nützliche Aufgaben bei der Modellierung von Naturvorgängen erfüllen können, war schon vor Wolfram bekannt. In den graphischen Darstellungen eindimensionaler zellulärer Automaten, die sein Buch dominieren, stellt er die Entwicklung meist von oben nach unten dar: die erste Zelle ist die Spitze, dann läuft die Entwicklung Zeile für Zeile nach unten durch. Die „Dimension“ des Automaten ist dabei einfach die Anzahl der Richtungen, in welche die Zellenanordnung wachsen kann: ein eindimensionaler hat eine Zeile, nach rechts und links können neue Zellen dazukommen, und zwar nach Regeln wie: Schreibe die Zelle weiß, wenn die Zelle darüber selbst weiß ist und nur einen schwarzen Nachbarn hat.

Der Automat, der in Wolframs Katalogsystem „Regel 30“ heißt, war sein Newtonscher Apfel: Nach den Erwartungen, die ein Wissenschaftler haben soll, war davon auszugehen, daß einfache Programme auch nur einfaches Verhalten simulieren können. Daß das nicht stimmt, zeigte Wolfram ebender „Regel 30“-Automat: Einfache Programme wie dieser demonstrierten nach ein paar Permutationen unerwartet komplexes Verhalten. Die genaue Erläuterung dieses „entscheidenden Experiments“ ist das Herz des Buches, danach verfolgt es eine argumentative Doppelstrategie: Erstens soll es zeigen, daß das, was für den „Dreißiger“ gilt, auch für andere Arten einfacher Programme gilt, für eine breite Auswahl dessen, was man „konzise Algorithmen“ nennen könnte – zum Beispiel Ersetzungssysteme, deren Zellenanzahl ab- und zunehmen kann, reversible Systeme und Systeme in beliebig vielen Dimensionen. Zweitens möchte Wolfram uns davon überzeugen, daß die Komplexität, die seine Regelsysteme zeitigen, exakt derjenigen entspricht, die wir in der Natur sehen: Mustern auf Muscheln, Flüssigkeitsturbulenzen oder „Nichtgleichgewichts-Phasenübergängen“, wie sie in der Synergetik untersucht werden.

Die ganze Welt könnte letztlich so einem konzisen Programm folgen. Aber selbst das genügt Wolfram nicht, er geht weiter: Das Universum wird durch sein hypothetisches morphogenetisches Programm nicht nur beschrieben, sondern ist dessen Berechnung „äquivalent“. Alles, was der Fall ist, meint Wolfram, könne und müsse als „Computation“ betrachtet werden. Hier liegt der eigentlich bedeutsame Unterschied der Wolframschen Konstruktion zum Newtonschen Weltbild, das in diesem

Punkt auch die radikalsten Exponenten der neuen Physik, verstehe man darunter nun Quantenmechanik, Relativitätstheorie oder einen ihrer späten Hybriden, nicht verlassen haben. Daß ein fallender Apfel nicht dasselbe ist wie die Gleichung, die diesen Fall zu berechnen erlaubt, hätte kein Wissenschaftler jener Tradition bestritten. Wolframs „Prinzip der computationalen Äquivalenz“ aber besagt, daß zwar eine Regel nicht dasselbe sei wie das, was sie berechnet, die tatsächliche Berechnung dann aber doch.

Man muß das wiederholen, sonst kann man es nicht fassen: Das Fallgesetz, glaubt Wolfram, ist zwar etwas anderes als der reale Fall eines Objekts, die Berechnung dieses Falls aber dasselbe wie der Fall. Damit legt sich Wolfram nicht nur mit der Physik, sondern zum Beispiel auch mit der Biologie an. Denn die Komplexität und Beschaffenheit der Attribute biologischer Systeme, etwa ihrer differenzierten Organe, folgt für ihn direkt daraus, „daß man solche Dinge mit einfachen Programmen erzeugen kann“. Diese Ketzerei, bei der die Funktionen der Lebewesen nicht als Fälle von „adaptiver Komplexität“ gesehen werden, wie Darwin lehrt, sondern als Ergebnis des Ablaufens universaler Programme, wird ihm gewiß bald ebenso erbittert vorgehalten werden wie das Abschneiden der Erklärungsressource „Gleichung“.

Es könnte ihm schlecht bekommen, daß seine Thesen einen metaphysischen Anspruch aufrichten, wie es ihn seit Schellings Naturphilosophie und der „Zeitschrift für spekulative Physik“ vor zweihundert Jahren nicht gegeben hat. Gerade die philosophische Rezeption der neuen Naturwissenschaften von Charles S. Peirces „Was ist ein Naturgesetz?“ (1901) bis zu Richard Rortys „Spiegel der Natur“ (1979) war ja ein einziger großer Versuch, solche Ansprüche zu verabschieden. Im Sinne einer Nutzung des Computers als wissenschaftlicher Produktivkraft aber könnte Wolfram auf eine Weise recht behalten, die sich, wie technischer Fortschritt überhaupt, nicht planen läßt. Auch die hochverwissenschaftlichten Produktionsverhältnisse der Computerindustrie werden ein Wörtchen mitreden – schließlich ist auch der netzgestützte Energiehandel eine gute Idee, und trotzdem ist die Firma, die ihn hat ins Werk setzen wollen, Enron, eingestürzt: Wenn Wolfram sagt, seine Lehre werde das künftige Technikdesign revolutionieren, macht er die Rechnung ohne jene, für die sich das ganz altmodisch wird rechnen müssen.

Bei aller Polemik gegen die Gleichung als Schlüssel zur Welt bleibt Wolfram dadurch, daß er eine Idee anbietet, wie man die Produktivkraft Rechner nutzen kann, selbst Mathematiker – jedenfalls soweit das, was er sagt, überhaupt überprüfbar ist: Seine algorithmischen Selbstläufer sollen

unseren Zugang zur Natur optimieren; das ist letztlich nichts anderes als etwa Carl Gustav Jacobis Überlegungen zu Systemen mit kleinen Zustandsschwankungen im neunzehnten Jahrhundert. Wenn Wolframs „neue Wissenschaft“ den Umriß von etwas zeichnet, dessen Details die theoretischen Computerwissenschaften nachtragen können – der Beweis steht aus –, wird das irreversible Folgen dafür haben, was wir unter „Erklärungen“ verstehen. Wenn jene „Details“ sich jedoch als unüberschreitbare Schranken des Wolframschen Ansatzes erweisen sollten, dann wird deren Auffindung zumindest die wichtigste computerwissenschaftliche Aufgabe seit den Pionierleistungen in den dreißiger Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Im ersten Fall wird die Welt für den Menschen anders aussehen, im zweiten werden sich Forschung und Arbeit verändern. So einfach ist das, so nützlich – und so verführerisch vernünftig.

