



Klaus Taschwer

Vom Mekka zur Denkfabrik

Das Institut für Komplexitätsforschung

Das Santa-Fe-Institut in New Mexico gilt als die Geburtsstätte der Komplexitätsforschung. Es wurde vor genau 20 Jahren gegründet, und seine sukzessive Verwandlung spiegelt den Weg von der Euphorie zu ›Normal Science‹ beim Umgang mit komplexen Systemen – auf höchstem Niveau, aber ohne die Aufbruchstimmung von damals.

»Dies ist ein Buch über die Wissenschaft von der Komplexität – ein Thema, das so neu und umfassend ist, dass zurzeit niemand genau weiß, wie es sich definieren ließe und wo seine Grenzen liegen. Aber genau darum geht es.« Mit diesen Worten hatte der Wissenschaftsjournalist M. Mitchell Waldrop 1992 seinen Sachbuchbestseller über das Santa-Fe-Institut (SFI) begonnen. Zwölf Jahre später ist die Euphorie rund um die Komplexitätsforschung einigermmaßen verflogen. »Im wissenschaftlichen Alltag spricht dort niemand mehr von Komplexität«, erzählt der Wiener Physiker und Wirtschaftswissenschaftler Stefan Thurner, der vor wenigen Wochen von einem mehrwöchigen Forschungsaufenthalt am SFI zurückkam. Er war mehrfach Gast an dieser Forschungsstätte, die in vielen Bereichen der Natur- und Wirtschaftswissenschaften einen legendären Ruf genießt, obwohl sie für wissenschaftliche Verhältnisse recht jung ist: Sie hat gerade erst ihren 20. Geburtstag gefeiert. Das Institut gilt als eine Art Mekka der Wissenschaft von den komplexen Systemen – auch wenn man diesen Begriff nicht mehr in den Mund nimmt. John Casti, US-amerikanischer Mathematiker und wissenschaftlicher Bestsellerautor, der etliche Jahre Mitglied des Instituts war und die Zeitschrift *Complexity* mitbegründet hat, gibt sich abgeklärt: »Der Begriff hat seinen Glanz verloren, da man ihn einfach überstrapaziert und in



allen möglichen unpassenden Zusammenhängen gebraucht hat. ›Komplexität‹ wurde zu einem Klischee – und in gewisser Weise ist das einer der besten Beweise für die Erfolge des Instituts.«

Erfolgreich ist die Denkfabrik in New Mexico nach wie vor: Gemessen am wissenschaftlichen Output der Fellows – also an Artikeln in führenden Fachzeitschriften –, zählt sie zu den produktivsten weltweit. Doch die Forschungen, die in den letzten fünf bis zehn Jahren am SFI durchgeführt wurden, sind längst nicht mehr so spektakulär wie in seiner Gründungsphase. In den achtziger Jahren galt das Institut

In den achtziger Jahren galt das Institut als der Hauptschauplatz einer wissenschaftlichen Revolution.

als der Hauptschauplatz einer wissenschaftlichen Revolution, der Geburt der Komplexitätsforschung – und dieser in den späten achtziger Jahren schickste Forschungstrend wurde geradezu gleichgesetzt mit Santa Fe. M. Mitchell Waldrop, der die Geschichte des Instituts schrieb, nannte sein Buch *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos* und berichtete darin von den großen Fragen, welche die damalige ›Modewissenschaft‹ beantworten wollte: Wie lassen sich plötzliche Umbrüche wie der Fall des Eisernen Vorhangs oder der Börsencrash vom Oktober 1987 erklären? Wie entstand das Leben auf unserem Planeten, und was ist Leben überhaupt? Was haben all die komplexen Systeme gemeinsam? Und was überhaupt ist Komplexität? Im Wesentlichen erzählte der Wissenschaftspublizist in seinem Bestseller jedoch die spannende Entstehungs- und Frühgeschichte des SFI, die im rund 50 Kilometer entfernten Forschungszentrum von Los Alamos ihren Ausgang nahm.

Der Ort ist geschichtsträchtig. In den Laboratorien mitten in der Wüste von New Mexico hatte ein Team der weltweit besten Physiker und Chemiker im Zweiten Weltkrieg die erste Atombombe gebaut. Im Kalten Krieg entwickelten sie dann die erste Wasserstoffbombe

und weitere Wunderwaffen. Man forschte problemorientiert und interdisziplinär, und man hatte, als es sie dann gab, stets die besten Computer zur Hand. Einer, der in Los Alamos nahezu von Beginn an mitarbeitete, war der Physiker George A. Cowan. Anfang der achtziger Jahre war er Forschungsleiter, ehe er einen Sitz im Forschungsrat des Weißen Hauses übernahm, wo er plötzlich mit wirtschaftlichen und politischen Problemen konfrontiert war, die nicht mit den klassischen Mitteln der Naturwissenschaften lösbar waren.

Zur selben Zeit zeichneten sich Entwicklungen in der Forschung ab, die mögliche Antworten auf einige der großen Fragen der Menschheit versprochen: Die neuen Methoden der Computersimulation und damit verbundene mathematische Fortschritte ließen es möglich erscheinen, komplexe nicht-lineare Systeme zu untersuchen – seien es nun Populationsschwankungen, Börsenkursentwicklungen oder die Wirbelbewegungen in Flüssigkeiten. In den Waffenlabors von Los Alamos gab es bereits ein Center for Nonlinear Systems, doch das schien Cowan nur ein Anfang. Er wollte mehr, denn er hatte das Gefühl, dass eine Revolution in der Luft lag, und er wollte dieser Revolution mit der Gründung eines eigenen Instituts zum Durchbruch verhelfen. Ja, Cowan träumte sogar von einer, wie er es formulierte, »Erlösung und Wiedergeburt der Wissenschaft«, die mit dem neuen Institut initiiert werden sollte.

Also trommelte er eine Reihe von hoch angesehenen Mitstreitern zusammen, die ihm bei der Institutsgründung behilflich sein sollten: Murray Gell-Mann beispielsweise, der für die Entdeckung der Quarks den Nobelpreis erhalten hatte, Philip Anderson, den Physik-Nobelpreisträger des Jahres 1977, oder den Ökonomie-Nobelpreisträger Kenneth Arrow. Im März 1984 wurde das Institut ins Handelsregister aufgenommen, es hatte zu diesem Zeitpunkt aber weder einen Standort noch Mitarbeiter, geschweige denn Geld. Klar war Cowan nur, dass es in der Nähe von Los Alamos sein musste, um die dortigen Computer-



anlagen nutzen zu können. Einige vorbereitende Konferenzen und viele informelle Gespräche später war es dann so weit: Im Februar 1987 wurde das neue Institut bezogen. Untergebracht war es ausgerechnet in einem Kloster in Santa Fe. In der früheren Kapelle hielten die Wissenschaftler ihre ersten Konferenzen ab.

Das spirituelle Ambiente der ersten Institutsräumlichkeiten war für die Anfangszeit des SFI gar nicht so unpassend, war man doch von Visionen beseelt: Cowan und seine Mitstreiter hatten ein großes Ziel vor Augen, nämlich einen gemeinsamen theoretischen Rahmen für die verschiedensten komplexen Systeme in Physik, Biologie oder der Wirtschaft zu schaffen. Sie wollten sich die neueste Forschung auf Gebieten wie der Chaostheorie, der künstlichen Intelligenz oder der Ökologie zunutze machen – und hofften, dadurch zu einem besseren Verständnis der spontanen, sich selbst organisierenden Systeme in der Welt zu kommen. Sie suchten gemeinsam nach einer Art ›Wissenschaft des 21. Jahrhunderts‹, die das lineare reduktionistische Denken der Naturwissenschaften überwinden und neue Lösungen für die Probleme der modernen Welt liefern sollte.

Revolutionär war offenbar vor allem die Aufbruchstimmung in der Anfangszeit des SFI. Das Institut, an dem zunächst vor allem Physiker und Computerwissenschaftler von Los Alamos arbeiteten, brodelte vor Energie, es herrschte ein stetiges Kommen und Gehen: Dutzende interdisziplinär besetzte Konferenzen fanden statt, die Komplexität als physikalisches und biologisches System zum Thema hatten. Dazu kam von Beginn an ein wirtschaftswissenschaftliches Forschungsprogramm. Das wissenschaftsorganisatorisch Besondere dabei war, dass Gastforscher eingeladen wurden, die nichts mit einem bestimmten Programm oder einer Arbeitsgruppe zu tun hatten. Die ungeschriebene und bis heute gültige SFI-Maxime lautete: »Sorgt einfach dafür, dass einige sehr gute Leute herkommen, und dann seht zu, was passiert.« Und so funktio-

nierte das Institut in gewisser Weise nach genau jenen Prinzipien, die seine Forscher untersuchten: Es war ein sich selbst organisierendes, emergentes Phänomen.

Was dabei in den ersten Jahren herauskam, lässt sich selbst aus der Distanz von fast zwei Jahrzehnten nur schwer beurteilen. Kritiker des Instituts meinten, einige Forscher am SFI hätten gleichsam auf »eine große religiöse Erleuchtung« gehofft, die auf der Stelle all ihre Probleme mit all den verschiedenen komplexen nicht-linearen Systemen lösen würde, wie es der IBM-Forscher Rolf Landauer formulierte. Der ehemalige SFI-Fellow John Casti sieht die historischen Verdienste des Instituts vergleichsweise nüchtern: »Wenn das Santa-Fe-Institut für eine einzige Sache in die Wissenschaftsgeschichte eingehen sollte, dann dafür, dass der Computer dort erstmals zum regelrechten Labor wurde, um kontrollierte und wiederholbare Experimente durchzuführen.«

George Cowans ursprüngliche Vision, am SFI eine Art Renaissancemensch des 21. Jahrhunderts auszubilden, der zum einen über das nötige wissenschaftliche Handwerkszeug verfügt, aber zugleich »in der Lage ist, sich mit der Wirrnis der wirklichen Welt auseinander zu setzen«, wurde bislang nur in Grenzen eingelöst. Die Forscher, die sich heute in Santa Fe treffen, kommen zwar weiterhin aus ganz unterschiedlichen Disziplinen und gehören zu den besten der Welt. Sie verfügen alle über ein gemeinsames methodisches Handwerkszeug, zu dem das Lösen komplexer Differenzialgleichungen ebenso gehört wie statistische Verfahren oder die Spieltheorie. Und mit dieser gemeinsamen formalen Sprache können sie komplexe Systeme, egal ob in der Biologie oder in den Wirtschaftswissenschaften, quantitativ beschreiben bzw. modellieren.

Die ganz andere ›erlöste‹ Wissenschaft wird in Santa Fe aber nicht betrieben, der Anspruch, sich den Wirrnissen der wirklichen Welt zu stellen, steht allenfalls im Hintergrund. Und Renaissancemenschen, die auch humanistisch bzw. kultur- und sozialwissenschaftlich gebildet sind, findet man am SFI eher auch nicht.



Damit ist aus dem kreativen Experiment von Santa Fe in gewisser Weise ›Normal Science‹ geworden, wenngleich auf Weltklasseniveau. Man bearbeitet interdisziplinär und mit einem avancierten Methodenrepertoire wissenschaftliche Probleme, wie an anderen innovativen Forschungsstätten auch. Der Physiker und Wirtschaftswissenschaftler Stefan Thurner beispielsweise hat bei seinem letzten Forschungsaufenthalt am SFI mit Kollegen zunächst über Flussnetzwerke gearbeitet. »Dabei ist aber nicht viel herausgekommen.« Danach forschte er einfach mit anderen Kollegen über Finanzmarktprobleme weiter – das ist für andere wissenschaftliche Institutionen indes eher untypisch.

Das wichtigste Motiv, den Einladungen ans SFI gerne Folge zu leisten, ist für ihn wie für viele andere Fellows das höchst inspirierende Arbeitsumfeld. Das ist heute die entscheidende Stärke des Instituts: Jährlich werden 80 bis 100 der besten Forscher ihres Gebiets ans Institut eingeladen, es werden anregende interdisziplinäre Konferenzen abgehalten. Zudem sind fünf Forscher als Professoren für einige wenige Jahre fix angestellt. Finanziert wird der Forschungsbetrieb zum Teil vom Staat, zum Teil privat; der politischen Unabhängigkeit wird größte Bedeutung beigemessen. An den Inhalten hat sich wenig geändert – auch wenn Komplexität als Forschungsthema eo ipso keine zentrale Rolle mehr spielt. Am ehesten beschäftigt sich noch Murray Gell-Mann, der 1993 der erste befristet angestellte Professor des SFI wurde, direkt mit diesen Fragen. Gell-Mann, der seit mehr als zehn Jahren von der Teilchenphysik zum Teil auf die Linguistik umgeschwenkt ist, schlägt indes vor, ›Komplexität‹ durch den Terminus ›Plektik‹ zu ersetzen – bislang freilich ohne große Resonanz.

Abgesehen davon, dass der Begriff kaum mehr verwendet wird, scheint man auch in der Forschung in der Zwischenzeit zu wissen, dass der Weg zu einem besseren Verständnis von Komplexität noch weit ist. Stefan Thurner vergleicht den Stand der Forschung über komplexe Systeme im Jahr 2004 mit dem der

Quantenphysik anno 1920. Die Kopenhagener Deutung von Niels Bohr und Werner Heisenberg, die eine vorläufige Ordnung ins quantentheoretische Chaos bringen sollte, ließ da noch auf sich warten. Der Mathematiker John Casti wählt einen anderen Vergleich: Für ihn steht die Erforschung komplexer Systeme da, wo die Physik zur Zeit Galileo Galileis stand. Damals war gerade das naturwissenschaftliche Labor erfunden worden, man sammelte empirische Beobachtungen und stellte sie zueinander in Beziehung – so wie es Kepler mit den Planetenbahnen machte. »Es hat damals bis zu Newtons Formulierung der Gravitationsgesetze gebraucht, ehe man ein mathematisches System für die verschiedensten Phänomene gefunden hatte«, erklärt Casti.

In der heutigen Komplexitätsforschung stehe ein solcher Durchbruch wie der durch Newton noch aus. »Was ihr fehlt, ist ein umfassendes mathematisches Gerüst. Und das wieder benötigt eine völlig neue, einfallreiche Mathematik.« Die Hoffnung darauf hat er nicht aufgegeben. Aber Casti meint auch, dass für die großen Probleme der Welt der naturwissenschaftliche Rahmen des SFI zu eng sei, das eben gerade nicht Renaissancegelehrte des 21. Jahrhunderts, sondern erstklassige Naturwissenschaftler beschäftigt.

Casti ist derzeit in Venedig und Wien mit eigenen Institutsgründungsprojekten beschäftigt. Dort soll so wie am Santa-Fe-Institut geforscht werden – jedoch unter Einbeziehung der Sozial- und Geisteswissenschaften. Wer mag, kann dies als ein Resultat der bisherigen Komplexitätsforschung in Santa Fe interpretieren.

Literatur

M. Mitchell Waldrop: Inseln im Chaos. Die Erforschung komplexer Systeme. Reinbek 1993