

Kommentar

C. elegans im Spin Glass – Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile

Kommentar zu Mausfeld (2003)

Christian Kaernbach

Die Replik von Mausfeld (2003) auf neuroreduktionistische Ansätze im Diskussionsforum „Biologische Psychologie 2010 – Visionen zur Zukunft des Faches in der Psychologie“, Psychologische Rundschau, Heft 2/2003, ist erfrischend zu lesen. Besonders elegant fand ich das Argument, bei *C. elegans*, einem 1 mm großen Würmchen, seien alle 19099 Gene, 302 Neurone, deren Synapsen und Transmitter vollständig bekannt, und dennoch benötige man (unter anderem) die abstrakt-funktionale Ebene der Verhaltensbeschreibung als Baustein zum Verständnis des Systems.

Dieses Argument mag manchem übertrieben erscheinen. Man möchte denken: Sicher hat Mausfeld polemisch zugespitzt. Wahrscheinlich ist doch noch nicht alles über alle möglichen Interaktionen von Neurotransmittern und Modulatoren bekannt, oder über den Einfluss dieses oder jenes Gens auf das neuronale Übertragungsverhalten. Wäre wirklich alles bekannt, dann könnte man das ganze System auf dem Computer simulieren, und wenn dies zur Übereinstimmung mit dem beobachteten Verhalten führt, hätte man wohl alles verstanden.

Diese Annahme wäre ein Irrtum. Mausfeld hat mit seiner Argumentation vollständig recht. Dabei spielt es keine Rolle, ob tatsächlich alle Effekte bei der neuronalen Verarbeitung in *C. elegans* bekannt sind: sein Argument ist auf viel einfachere Systeme übertragbar, ja sogar auf theoretische, nur im Computer existierende Systeme, wo nun wirklich (per Setzung) alles bekannt ist. So werden in der statistischen Physik manche Systeme magnetischer Wechselwirkung in grober Vereinfachung als sogenanntes *spin glass* modelliert. Bei diesem theoretischen System ist die mikroskopische Wechselwirkung denkbar einfach: die Spins der direkten Nachbarn entscheiden über die Wahrscheinlichkeit eines Spin-Wechsels. An weiteren Parametern kommt nur noch hinzu die Temperatur und eventuell ein von außen anliegendes Feld, beides globale Parameter, die also für alle Teilchen gleichermaßen gelten. Meist wird dieses System sogar in Absehung von der Realität zweidimensional behandelt. Da in diesem Modellsystem

das mikroskopische Verhalten vollständig bekannt ist, könnte ein Reduktionist auf den Gedanken kommen, es bedürfe keiner weiteren Analyseebene. Dieses extrem einfache System zeigt jedoch eine erstaunliche Komplexität makroskopischer Phänomene, mit Phasenübergängen, Bifurkationen, Selbstähnlichkeit, und fraktaler Dimensionalität. Aus den mikroskopischen Regeln heraus ist diese Phänomenalität nicht direkt vorhersagbar. Aufgabe der statistischen Physik ist es, die mikroskopischen Regeln der Wechselwirkung und die makroskopische Phänomenalität zueinander in Beziehung zu setzen. Daraus ergibt sich, dass auf die makroskopische Beschreibungsebene nicht verzichtet werden kann. Und dabei ist ein Spinglas im Gegensatz zu *C. elegans* ein „geschlossenes System“ ohne Energiezufuhr von außen; bei offenen Systemen ist die Kluft zwischen mikroskopischer und makroskopischer Beschreibungsebene noch offensichtlicher.

An diesem Beispiel wird deutlich, dass es für ein vollständiges theoretisches Verständnis nicht ausreichend ist, ein System erfolgreich zu simulieren. Die Voraussetzungen bei *C. elegans* sind sicher günstig für solch ein Unterfangen. Aber auch wenn es gelingen kann, ein virtuelles *C. elegans* zu programmieren, das dem realen an Komplexität des Verhaltens in nichts nachsteht, haben wir damit *C. elegans* noch nicht *verstanden*. Wir hätten es *kopiert*. Ein Hacker, der ein interessantes Programm disassembliert hat, oder der Genforscher, der eine Sequenz entschlüsselt hat, hat ja damit auch noch nicht das Programm bzw. das Gen verstanden; er hat nur die Voraussetzungen zu einem weiteren Studium geschaffen. Wir hätten im Falle von *C. elegans* ideale Voraussetzungen geschaffen, mit demselben Arsenal an Analysetechniken wie die statistische Physik an einem theoretischen System mikroskopische Regeln und makroskopisches Verhalten zueinander in Beziehung zu setzen. Aber dieser Arbeit dürften wir uns dann nicht entziehen mit dem Hinweis, die mikroskopischen Regeln seien ja bekannt, man hätte ja „die Teile in der Hand“. Man möchte ergänzen: „Fehlt leider! nur das geistige Band“ – und entsinnt sich des

Anfangs dieses Zitats: „Wer will was Lebendiges erkennen und beschreiben, sucht erst den Geist heraus zu treiben.“

Phasenübergänge und Bifurkationen in Spingläsern, Selbstähnlichkeit, chaotische Dynamik, *strange attractors*, aber auch Selbstorganisation in einfachsten neuronalen Netzwerken, und (der „weite Schuss“ sei erlaubt) Geist sind emergente Phänomene, die sich studieren lassen, indem man soviel Informationen wie möglich über die lokalen Wechselwirkungen der beteiligten Komponenten sammelt, aber zugleich das Verhalten des Gesamtsystems studiert, und dabei die Zusammenhänge zwischen den mikroskopischen und makroskopischen Vorgängen zu verstehen sucht. Im Idealfall erwirbt man auf diese Weise ein vertieftes theoretisches Verständnis über diese emergenten Phänomene. So kann man vielleicht verstehen, welche Eigenschaften mikroskopische Zusammenhänge haben müssen, damit die makroskopischen Phänomene in

Erscheinung treten. Warum sie überhaupt auftreten, bleibt indes weiterhin eines der großen Rätsel der Materie. Aber dann: Warum gibt es überhaupt Materie? Das sind keine wissenschaftlich beantwortbaren Fragen. Aber das Stauen, das sie auslösen, kann Wissenschaft motivieren.

Literatur

Mausfeld, R. (2003). No Psychology In – No Psychology Out. *Psychologische Rundschau*, 54, 185–191.

Christian Kaernbach

Institut für Allgemeine Psychologie
Universität Leipzig
Seeburgstr. 14–20
04103 Leipzig
E-Mail: Christian@Kaernbach.de

DOI: 10.1026//0033-3042.54.4.249