

Das Biotechnologie und Life Sciences Portal Baden-Württemberg

17.03.2009

Stefan Rotter - Neurobiologie zwischen Theorie und Experiment

Es sind zwei Welten, in denen völlig unterschiedliche Sprachen gesprochen werden. Die Welt der Neurobiologie und die Welt der Mathematik. Und doch verbindet sie hier ein und derselbe Forschungsgegenstand: das Gehirn. Die einen wollen ihm durch Messungen Geheimnisse entlocken, die anderen mit Formeln und Modellen seine Funktionsweise beschreiben. Stefan Rotter vom Bernstein Center for Computational Neuroscience (BCCN) in Freiburg spricht beide Sprachen, er studierte Mathematik und Physik, und arbeitete dann an mehreren biologischen Instituten. Wie ist es, zwischen allen Stühlen zu sitzen?

Das Gehirn des Menschen besteht aus vielen Milliarden Nervenzellen. Jede dieser Zellen bildet Tausende Kontakte zu ihren Nachbarn, um elektrische Signale auszutauschen. Aus diesem Chaos entsteht unser Denken, Fühlen und Erinnern. Wie aber bestimmt die konkrete Struktur eines neuronalen Netzwerks dessen Funktion? Wie erzeugt sie die räumlichen und zeitlichen Muster der elektrischen Aktivität, die Information codieren? „Diesen Fragen kann man sich nur nähern, wenn viele verschiedene Disziplinen zusammenarbeiten“, sagt Professor Dr. Stefan Rotter, Direktor des BCCN in Freiburg. Er selbst versucht als „Computational Neuroscientist“ zwischen mehreren Teildisziplinen der Hirnforschung zu vermitteln.

Forschung als Teamarbeit



Prof. Dr. Stefan Rotter (© privat)

Der 1961 in Landshut geborene und im oberpfälzischen Burglengenfeld aufgewachsene Rotter wollte wie viele andere junge Leute im Osten Bayerns so schnell wie möglich in die Welt hinaus. Warum begann er gerade das Studium der Mathematik und Physik? „Unter anderem, weil ich in der Schule in diesen Fächern ohne großen Aufwand gut vorankam“, sagt er. „Es lag mir einfach.“ Während des Studiums in Regensburg merkte Rotter schnell, dass die wissenschaftliche Mathematik noch viel mehr bot, als das Schulfach versprochen hatte. Es faszinierte ihn, sich mit abstrakten Objekten zu beschäftigen. Nach einem Studienaufenthalt an der Ostküste der USA und

einem Wechsel nach Hamburg schloss er 1989 mit einer Diplomarbeit über assoziative Algebren ab. „Aber so sehr mich der Gegenstand faszinierte, so wenig begeisterte mich die Arbeitsweise eines Mathematikers“, sagt Rotter. „Viele Mathematiker sind rechte Eigenbrötler und arbeiten als Einzelkämpfer.“

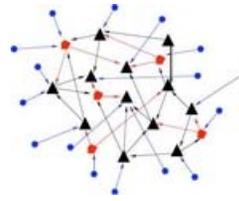
Während eines Besuchs am Tübinger Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik lernte Rotter seinen zukünftigen Doktorvater, den Neuroanatomen Valentino Braitenberg kennen. Es fesselte ihn, wie eng die Biologen, Physiker und Mathematiker um Braitenberg miteinander arbeiteten und diskutierten. Rotter ging als Doktorand nach Tübingen und begann, das Gehirn zu studieren. Als Mathematiker versuchte er, neuroanatomische und neurophysiologische Aspekte der Großhirnrinde zu mathematisieren, die seine Kollegen mit ihren Experimenten enthüllten. Das Ziel war, Antworten auf Fragen zu finden, wie etwa: Warum sind die Zellen in diesem Gehirnteil so und nicht anders miteinander verknüpft? Welche Zelle kommuniziert mit welcher und warum? Was bedeutet das für die Funktion des Netzwerks?

Rotters mathematisches Know-how war (und ist) hilfreich, weil die klassischen Methoden der Physik für die Beschreibung von Neuronen und Netzwerken nicht immer ausreichen. Neuronen in der Großhirnrinde kommunizieren über Aktionspotenziale, kurze und stereotype Auslenkungen der jeweiligen Membranspannung. Information wird dabei nicht graduell verschlüsselt, sondern nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip. „Modelle solcher Neuronen müssen mit diskreten Variablen arbeiten“, sagt Rotter. „So kam ich dazu, mich mit der Theorie der stochastischen Punktprozesse zu beschäftigen. Das ist unangenehm verwickelte Mathematik, und die war in der damaligen

Hirnforschung noch nicht systematisch auf Netzwerke angewandt worden.“

Neurobiologie im Computerzeitalter

Ungewöhnlich war überhaupt, dass ein Mathematiker in der Neurobiologie promovieren wollte, dazu noch an einem Institut außerhalb der Universität. Rotter saß also nicht nur thematisch, sondern auch ganz praktisch zwischen den Stühlen. Nach einigem bürokratischen Hin und Her bekam er 1994 den Dokortitel, und zwar als Physiker. Er wechselte an das Tübinger Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie und nahm dort eine Postdoc-Stelle an. Die neuen leistungsfähigen Computer dieser Zeit erlaubten Rotter, seine theoretischen Neuronennetze immer besser mit dem Rechner zu simulieren. Er konnte Hypothesen zu neuen experimentellen Befunden in Netzwerke implementieren, auf diese Weise seine Ideen testen und eventuell Vorhersagen für neue Experimente aufstellen. In dieser Zeit begann die Disziplin der Computational Neuroscience sich rasant zu entwickeln. Wissenschaftler wurden gebraucht, die sowohl etwas von der Biologie des Gehirns verstanden, als auch Ahnung hatten von der komplexen Mathematik, die für theoretische Analysen und für die komplexe Datenverarbeitung notwendig ist.



Ein stilisiertes neuronales Netzwerk: erregende Neuronen (schwarze Dreiecke), hemmende Neuronen (rote Fünfecke) und Hintergrundneuronen (blaue Kreise) sind im Gehirn noch viel komplexer miteinander verschaltet als in diesem Schaubild. (© Prof. Dr. Stefan Rotter)

1996 wechselte Rotter an das Institut für Biologie III der Universität Freiburg, wo er als einer der Assistenten von Professor Dr. Ad Aertsen die Abteilung für Neurobiologie und Biophysik mit aufbaute, und zwar als Leiter der Gruppe für theoretische Neurobiologie und Biophysik. Der enge Austausch mit experimentellen Biologen war hier zum Prinzip erhoben. Als Rotters Assistenzzeit nach sechs Jahren zu Ende war, wechselte er 2002 an das privat finanzierte Institut für Grenzgebiete der Psychologie und Psychohygiene (IGPP) in Freiburg, blieb aber mit der Abteilung für Neurobiologie und Biophysik eng verbunden. 2003 habilitierte er sich im Fach Neurobiologie und Biophysik. Im Jahr 2004 war er an der Gründung des BCCN beteiligt und wurde im April 2008 sein Direktor. Gleichzeitig berief ihn die Universität Freiburg zum ordentlichen Professor.

Eine gewaltige Datenflut

Nach wie vor untersuchen Rotter und seine Mitarbeiter heute die neuronalen Netzwerke der Großhirnrinde. Bis zu 500.000 Einzelzellen können sie derzeit in ihren Modellen simulieren, mehrere Dutzend Rechner handelsüblicher Bauart müssen hierfür zusammengeschaltet werden. Die Wissenschaftler untersuchen zum Beispiel Systeme, die ihre Verknüpfung in Abhängigkeit vorhergehender Aktivität verändern. Diese theoretischen Experimente könnten irgendwann helfen zu verstehen, wie Lernen funktioniert. Andere Ansätze berücksichtigen auch entwicklungsbedingtes Wachstum oder altersbedingte Strukturveränderungen in Netzwerken. „Die Strukturen mit ihren vielen Milliarden Verbindungen sind an sich schon kompliziert“, sagt Rotter. „Wenn sich das System dann auch noch im Laufe der Zeit verändert, kann man sich vorstellen, wie schwierig es wird, die Simulationen auszuwerten.“

Eine gewaltige Datenflut fällt an, weshalb Rotter und seine Mitarbeiter sich auch zunehmend mit statistischen Methoden der Datenanalyse beschäftigen. Wie filtert man die relevanten Aspekte aus dem Chaos von Signalen heraus? Wie wertet man die Mengen von Daten quantitativ und systematisch aus? Die neuen Methoden kommen auch Rotters Kollegen und Kolleginnen zugute, die experimentell an das Gehirn herangehen und zum Beispiel elektrophysiologische Ableitungen machen. „Wir versuchen Brücken zu bauen zwischen Theorie und Experiment“, sagt Rotter. „Und das ist vielleicht auch die beste Definition für die Computational Neuroscience, für die es im Deutschen keine zufriedenstellende und allgemein anerkannte Übersetzung gibt.“ Will man das Gehirn irgendwann in seiner Komplexität verstehen, darf man keine Hemmungen haben, sich zwischen die Stühle zu setzen.

mn - 17.03.2009

© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH

Ein Beitrag von:



Weitere Informationen zum Beitrag:

Prof. Dr. Stefan Rotter

Bernstein Center for Computational Neuroscience Freiburg

Hansastr. 9a

79104 Freiburg

Tel.: +49-(0)761-203 9316

Fax: +49-(0)761-203 9559

E-Mail: [rotter\(at\)bccn.uni-freiburg.de](mailto:rotter(at)bccn.uni-freiburg.de)

Alle Links dieser Seite(n)

<http://www.bio-pro.de/magazin/index.html?lang=de>