

Computational Neuroscience

Wie mathematische Modelle helfen können, unser Nervensystem zu verstehen

■ Die Ampel springt von Grün auf Gelb: Schnell noch Gas geben oder auf die Bremse treten? Unser tägliches Leben stellt uns fortlaufend vor Entscheidungen, und manchmal müssen wir sie in Sekundenbruchteilen treffen. Was spielt sich dabei im Gehirn ab? Im Netzwerk der Milliarden Nervenzellen wird einem Aktivitätsmuster gegenüber einem anderen der Vorzug gegeben. Allerdings ist bis heute ungeklärt, welche Mechanismen auf der Ebene der Neurone für solche schnellen Entscheidungen verantwortlich sind.

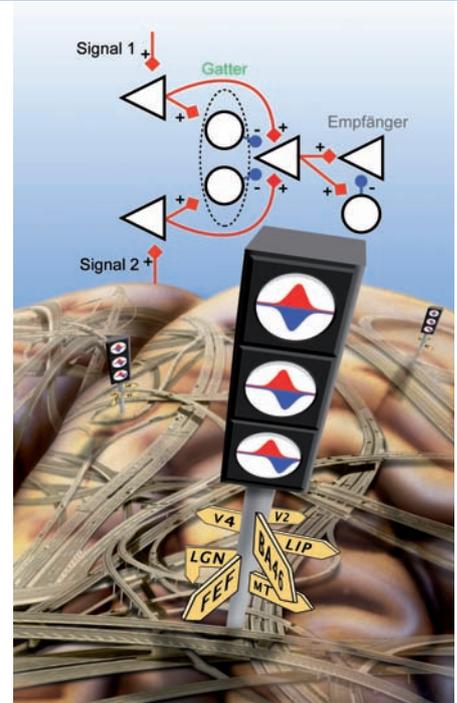
Sowohl die Anatomie als auch die Aktivität des Gehirns sind von immenser Komplexität. In den letzten Jahren haben sich daher Computermodelle als wirksames Werkzeug für die Entwicklung und Überprüfung von Hypothesen über die Hirnfunktion erwiesen. Der erste Schritt ist stets, in Experimenten gewonnenes Wissen über das Gehirn in mathematische Gleichungen umzusetzen. Die Sprache der Mathematik ermöglicht es dann, biologische Erkenntnisse in Computer zu übertragen und somit künstliche Netzwerke zu erschaffen, die gezielt beobachtet, getestet und untersucht werden können.

Zurück zu unserer Suche nach der Basis von Entscheidungen im Gehirn: Im von uns simulierten Netzwerk agierten zwei Gruppen von Neuronen als Sender zweier unterschiedlicher Signale. In einem nachgeschalteten Bereich des Netzwerks war eine weitere Gruppe von Neuronen dafür bestimmt zu entscheiden, welches der beiden Signale weitergeleitet würde – sie agierten also als eine Art „Gatter“.

Da die Zellen innerhalb des Netzwerks sowohl mit erregenden als auch mit hemmenden Neuronen verknüpft waren, erreichten die Signale das Gatter jeweils in erregender wie auch – nach kurzer Verzögerung – in hemmender Form. Unsere Simulationen zeigten, dass diese Verzögerung für die „Entscheidung“ der Neurone den Schlüssel darstellte: War sie sehr klein, wurden die Zellen im Gatter in ihrer Aktivität so schnell gehemmt, dass sie das Signal nicht weiterleiten konnten. Umgekehrt führte eine größere Verzögerung dazu, dass sich das Gatter für das entsprechende Signal öffnete.

Ein derartiges „Zeitgatter“ ist besonders dafür geeignet, die Weiterleitung schneller Veränderungen in der Aktivität der Nervenzellen zu kontrollieren. Bei langsamen Veränderungen hingegen stellt die Kontrolle des Gleichgewichts zwischen Erregung und Hemmung eine Möglichkeit dar, zwischen konkurrierenden Aktivitäten zu entscheiden. Die Wirksamkeit eines solchen „Amplitudengatters“ wurde bereits demonstriert.

In unserer Studie konnten wir nun zeigen, dass beide Mechanismen kombiniert werden können und damit eine Kontrolle jeglicher neuronaler Aktivität (schnell oder langsam) tatsächlich möglich ist. Biologische Experimente hatten bereits gezeigt, dass sowohl die Kontrolle der Verzögerung in der Weiterleitung als auch das Gleichgewicht zwischen Erregung und Hemmung in echten Neuronen vorkommen. Damit unterstützen diese experimentellen Daten unsere Hypothese, nach der Zeit- und Amplitudengatter dazu benutzt werden,



Wie eine Ampel im Gehirn: Schema unserer Hypothese zur Auswahl von Aktionen auf der Ebene einzelner erregend bzw. hemmend wirkender Nervenzellen.

in unserem Gehirn aus mehreren alternativen Optionen eine einzelne auszuwählen.

Unsere Erkenntnisse sind noch weit davon entfernt, beschreiben zu können, wie ein Gedanke, eine Inspiration oder ein Traum im Gehirn realisiert sind. Dennoch ist ein Verständnis der zugrunde liegenden Prinzipien ein notwendiger Schritt hin zu größeren Zielen. ■

Gunnar Grah, Jens Kremkow, Ad Aertsen und Arvind Kumar, Bernstein Center Freiburg

Kremkow J, Aertsen A, Kumar A (2010) Gating of signal propagation in spiking neural networks by balanced and correlated excitation and inhibition. *J Neurosci* 30:15760–15768

VORSCHAU

WISSENSCHAFT

Kontrolle der Zellpolarität
Regulatorische RNAs
Special: Forensik

ANWENDUNGEN & PRODUKTE

Durchflusszytometrie
Fluoreszenzanalytik
MALDI-Imaging von Biomarkern

KARRIERE, KÖPFE & KONZEPTE

Dioxin in Lebensmitteln – eine Risikobewertung
Verhaltenskodex in den Biowissenschaften
Berufsbild

Erscheinungstermin: 22. März 2011