



Vergessen im Sekundentakt

Wissenschaftler aus Göttingen berechnen erstmals, wie lange neuronale Netzwerke der Großhirnrinde Sinnesinformationen speichern können.

Die Signalübertragung im Gehirn folgt einer äußerst chaotischen Dynamik. Zu diesem Ergebnis kommen Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation (MPIDS), der Universität Göttingen und des Bernstein Center for Computational Neuroscience Göttingen. Zudem konnten die Göttinger Forscher erstmals berechnen, wie schnell Informationen, die im Aktivitätsmuster der Neuronen der Großhirnrinde gespeichert sind, verloren gehen. Mit einem Bit pro Sekunde und aktivem Neuron ist diese Rate des Vergessens überraschend hoch. (*Physical Review Letters*, 105, 268104 (2010))

Das Gehirn kodiert Informationen in Form von elektrischen Pulsen, so genannten Spikes. Dabei ist jede der etwa 100 Milliarden vernetzten Nervenzellen im Gehirn sowohl Empfänger, als auch Sender: Sie bündelt alle ankommenden elektrischen Pulse und leitet unter bestimmten Umständen daraufhin einen eigenen Puls an ihre Nachbarn weiter. Auf diese Weise erzeugt jede Information, die das Gehirn verarbeitet, ein eigenes Aktivitätsmuster. Dieses gibt an, welches Neuron zu welchem Zeitpunkt einen Impuls an seine Nachbarn gesendet hat, also aktiv war (siehe Abbildung 1). Das Aktivitätsmuster ist somit eine Art Gesprächsprotokoll, das die Kommunikation der Nervenzellen untereinander aufzeichnet.

Doch wie verlässlich ist ein solches Muster? Bringen schon kleine Änderungen im neuronalen Gesprächsablauf ein völlig anderes Muster hervor? So als würde ein einziger veränderter Wortbeitrag in einer Diskussion dem Gespräch eine völlig andere Wendung geben? Ein solches Verhalten bezeichnen Wissenschaftler als chaotisch. Die dynamischen Prozesse im Gehirn wären in diesem Fall nicht lange vorhersagbar. Zudem ginge die Information, die im Aktivitätsmuster gespeichert ist, durch kleine Fehler nach und nach verloren. Im Gegensatz dazu wäre eine so genannte stabile, nicht chaotische Dynamik weit weniger fehleranfällig. Das Verhalten einzelner Neuronen würde dann das Gesamtbild aber auch kaum beeinflussen.

Die neuen Ergebnisse der Göttinger Wissenschaftler offenbaren nun die Prozesse in der Großhirnrinde, der Hauptschaltzentrale des Gehirns, als äußerst chaotisch. Dabei war es entscheidend, dass die Forscher erstmals ein realistisches Modell der Neuronen in ihren Rechnungen annahmen. Trifft ein Spike an einem Neuron ein, baut sich eine zusätzliche elektrische Spannung an seiner Zellwand auf. Erst wenn diese Spannung einen kritischen Wert überschreitet, wird das Neuron aktiv. „Dieser Vorgang ist sehr wichtig“, sagt Prof. Dr. Fred Wolf vom MPIDS. „Denn nur so lässt sich die Unsicherheit, zu welchem Zeitpunkt ein Neuron aktiv wird, in der Berechnungen exakt nachvollziehen.“

Ältere Modelle hatten die Neuronen stark vereinfacht beschrieben und nicht berücksichtigt, genau wie und unter welchen Voraussetzungen ein Spike entsteht. „Daraus ergab sich in manchen Fällen eine stabile, in anderen eine völlig instabile Dynamik“, erklärt Michael Monteforte vom Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation und Doktorand an der Göttinger Graduiertenschule GGNB. Die lange bestehende Uneinigkeit, ob die Prozesse in der Großhirnrinde chaotisch sind oder nicht, ließ sich so nicht klären.

Mit ihrem differenzierteren Ansatz konnten die Göttinger nun erstmals berechnen, wie schnell ein Aktivitätsmuster durch winzige Veränderungen verloren geht, also sozusagen vergessen wird. In etwa verschwindet pro Sekunde und Neuron ein Bit an Information. „Diese außerordentlich hohe Auslöschungsgeschwindigkeit hat uns sehr überrascht“, sagt Wolf. Denn offenbar geht im Gehirn Information etwa so schnell verloren, wie sie maximal aus den Sinnen „zugeliefert“ werden kann.

Dies hat fundamentale Konsequenzen für unser Verständnis des neuronalen Codes der Großhirnrinde. Durch die hohe Auslöschungsgeschwindigkeit kann Information über sensorische Eingangssignale nur für wenige Spikes aufrechterhalten werden. Die neuen Ergebnisse deuten daher darauf hin, dass die Dynamik in der Großhirnrinde besonders auf die Verarbeitung kurzer Schnappschüsse der Außenwelt zugeschnitten ist.

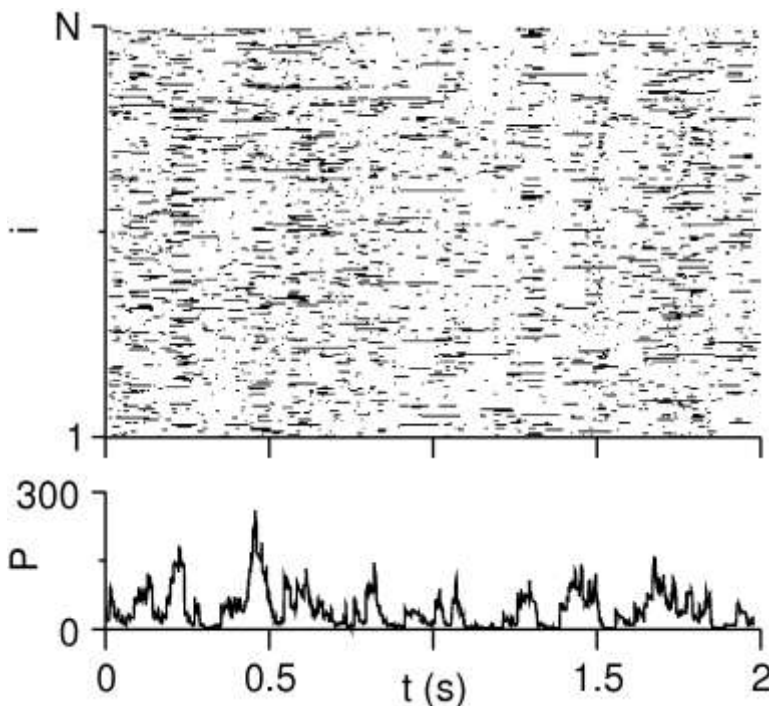


Abbildung 1: Ein Aktivitätsmuster ist vergleichbar mit einem Gesprächsprotokoll: Es gibt an, welches Neuron zu welchem Zeitpunkt aktiv war. Grafik: MPIDS

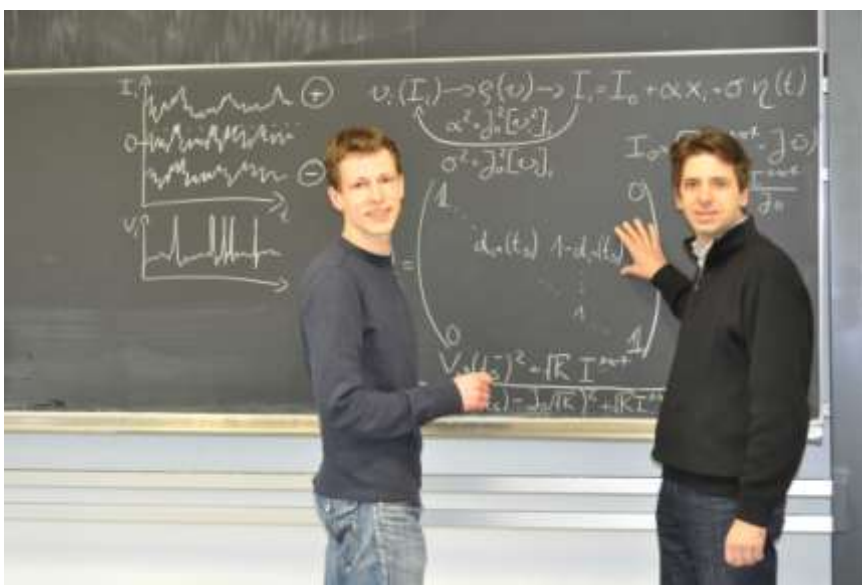


Abbildung 2: Michael Monteforte und Prof. Dr. Fred Wolf diskutieren ihre Ergebnisse.
Foto: MPIDS

Originalveröffentlichung:

Michael Monteforte and Fred Wolf:

Dynamical Entropy Production in Spiking Neuron Networks in the Balanced State,

Physical Review Letters, 105, 268104

veröffentlicht am 31. Dezember 2010

Kontakt:

Dr. Birgit Krummheuer

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

Tel.: +49 551 5176-668

mobil: +49 173 3958625

E-Mail: birgit.krummheuer@ds.mpg.de

Michael Monteforte

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Universität Göttingen und Bernstein

Center for Computational Neuroscience Göttingen

E-Mail: monte@nld.ds.mpg.de

Prof. Dr. Fred Wolf

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Universität Göttingen und Bernstein

Center for Computational Neuroscience Göttingen

Tel.: +49 551 5176-419