



Schneller im Team

Göttinger Wissenschaftler entdecken, warum Neuronen Meister der Datenverarbeitung sind.

Gruppen von Neuronen in der Großhirnrinde können deutlich schnellere Signale verarbeiten und weiterleiten als lange vermutet. Für diesen erstaunlichen experimentellen Fund haben Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation (MPIDS), vom Bernstein Center for Computational Neuroscience Göttingen und von der Universität Göttingen jetzt erstmals eine Erklärung gefunden. Ihre theoretischen Berechnungen zeigen, dass allein die Geschwindigkeit, mit der ein einzelnes Neuron ein Signal abfeuert, die Kommunikationsgeschwindigkeit einer Gruppe begrenzt. Neuronenverbände können somit mit einigen hundert Einzelreizen pro Sekunde umgehen. Von ihren Ergebnissen berichten die Göttinger Wissenschaftler in der Fachzeitschrift *Physical Review Letters*. (*Physical Review Letters*, 106, 088102 (2011))

Jedes Neuron in der Großhirnrinde steht unter „Dauerbeschuss“: Es empfängt ständig elektrische Pulse, so genannte Spikes, von etwa 10000 anderen Nervenzellen, leitet selbst aber nur etwa zehnmal pro Sekunde einen eigenen Puls weiter. Nach getaner Arbeit benötigt jedes Neuron danach eine kurze Erholungszeit: Treffen in direkter Folge nach einem eigenen Spike weitere Pulse die Zelle, ist sie noch nicht wieder aufnahmebereit und kann die neue Information nicht verarbeiten. Das Neuron verstummt. Bisher gingen Wissenschaftler deshalb davon aus, dass die Großhirnrinde nur Signale mit Frequenzen von bis maximal 20 Hertz bewältigen kann. Doch jüngste Experimente haben gezeigt, dass Gruppen von Neuronen deutlich schneller reagieren können als gedacht. Sie kommen mit Signalen von bis zu 200 Hertz zurecht. Eine Erklärung für dieses Verhalten gab es bisher nicht.

„Damit ein theoretisches Modell dieses Verhalten erklären kann, muss es die Dynamik der elektrischen Ströme in der Zellmembran genau berücksichtigen“, erklärt Prof. Dr. Fred Wolf vom MPIDS den Ansatz seiner neuen Studie. Trifft ein Spike an einer Nervenzelle ein, baut sich eine elektrische Spannung an der Zellwand auf. Wegen der Vielzahl der ankommenden Pulse fluktuiert diese Spannung permanent. Doch erst wenn sie einen bestimmten Wert überschreitet, entscheidet sich das Neuron, ebenfalls einen Puls abzufeuern. Dieser Prozess des Abfeuerns dauert nur wenige Bruchteile einer Millisekunde.

Den Göttinger Wissenschaftlern ist es nun erstmals gelungen, diesen komplizierten Ablauf in ein Modell so einzubeziehen, dass zu einem eingehenden Signal die Antwort einer Neuronengruppe direkt berechnet werden konnte. „Leitet die Gruppe kein Ausgangssignal mehr weiter, ist dies ein Zeichen, dass das Eingangssignal zu schnell war und die Neuronen überfordert hat“, erklärt Dr. Wei Wei vom MPIDS den Grundgedanken des Modells. Die Rechnungen der Forscher zeigen,

dass keinesfalls die Dauer der Erholungsphase die Geschwindigkeit der neuronalen Kommunikation begrenzt. Denn während sich ein Neuron erholt, kann ein anderes einspringen. Eine obere Grenze für die Verarbeitungsgeschwindigkeit hängt stattdessen nur von der deutlich kürzeren Zeit ab, die das Neuron zum Aufbau eines Pulses benötigt. Teams von Neuronen können somit problemlos hochfrequente Signale von einigen hundert Hertz empfangen und weiterleiten.

Die neuen Ergebnisse könnten unter anderem von großer Bedeutung für die Entwicklungsneurobiologie sein. Schon lange wissen Forscher, dass bei Säuglingen und Jungtieren visuelle Erfahrungen erst ab einem bestimmten Alter neue Verknüpfungen der Nervenzellen in der Großhirnrinde auslösen. „Die allerersten Reize hingegen verändern die Architektur des Neuronennetzes kaum“, erklärt Prof. Dr. Siegrid Löwel, Neurobiologin an der Universität Göttingen. Mithilfe der neuen Ergebnisse ließe sich dieses Phänomen nun im Prinzip erklären. Denn das Knüpfen neuer Verbindungen funktioniert nur dann zuverlässig, wenn die Neuronen möglichst schnell und präzise auf eingehende Sinnesinformationen reagieren können. Sollte sich im Experiment herausstellen, dass die Neuronen von Jungtieren nicht so schnelle Signale verarbeiten können wie die ausgewachsener Tiere, würde dies diese Erklärung bestätigen.

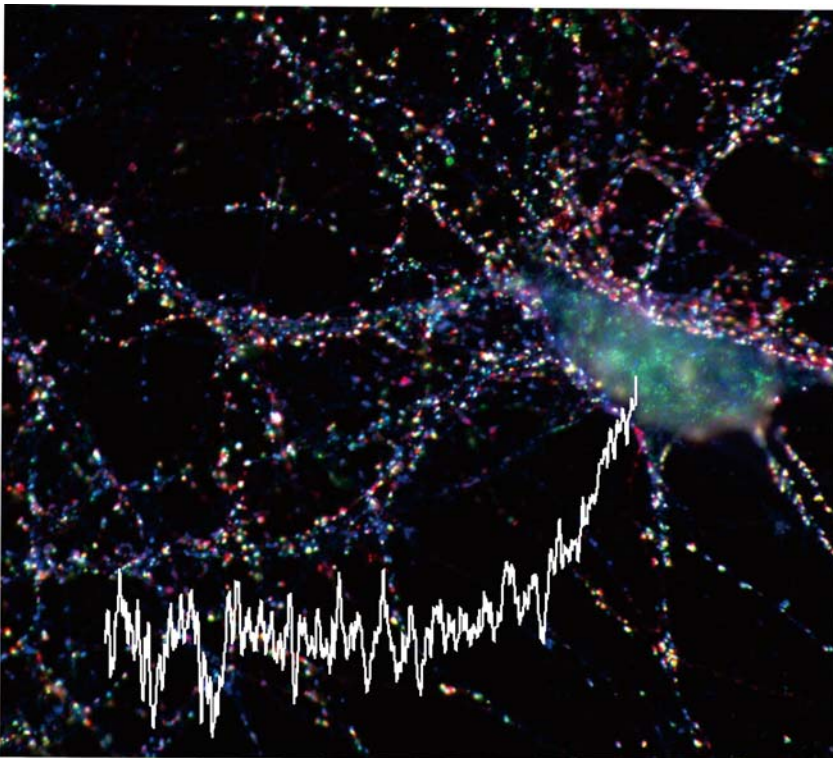


Abbildung 1: Neuronen in der Großhirnrinde empfangen tausende, synaptische Signale von anderen Zellen. Dieses so genannte „synaptische Bombardement“ führt dazu, dass der elektrische Strom in die Zelle stark fluktuiert.

Grafik: MPIDS, Hintergrund: Thomas Dresbach/University Göttingen

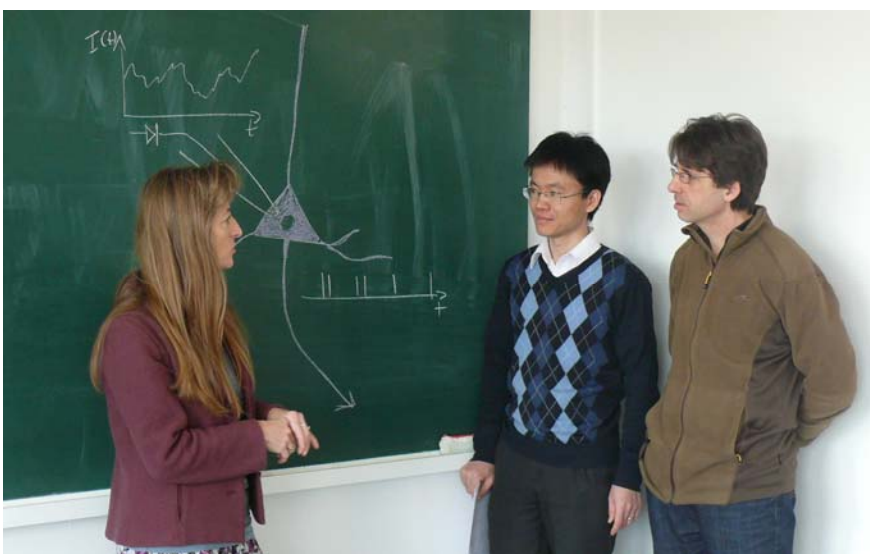


Abbildung 2: Prof. Dr. Siegrid Löwel, Dr. Wei Wei und Prof. Dr. Fred Wolf (von links) diskutieren die neuen Ergebnisse.

Foto: MPIDS

Originalveröffentlichung:

Wei Wei and Fred Wolf:

Spike Onset Dynamics and Response Speed in Neuronal Populations

Phys. Rev. Lett. 106, 088102 (2011)

<http://prl.aps.org/pdf/PRL/v106/i8/e088102>

Kontakt:

Dr. Birgit Krummheuer

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

Tel.: 0551 5176-668

Mobil: 0173 3958625

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

Prof. Dr. Fred Wolf

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

und

Universität Göttingen

Tel.: 0551 5176-423

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

Dr. Wei Wei

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation

Tel.: 0551 5176-421

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